



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Vanessa Sofia Paula Martins

Desenvolvimento e otimização de uma barra de cereais sem glúten, sem lactose e sem açúcar adicionado

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Empreendedorismo e
Inovação na Indústria Alimentar

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Rita Pinheiro

e sob a co-orientação de
Professor Doutor Manuel Rui Alves

novembro de 2016



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Vanessa Sofia Paula Martins

Desenvolvimento e otimização de uma barra de cereais sem glúten, sem lactose e sem açúcar adicionado

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Empreendedorismo e
Inovação na Indústria Alimentar

Júri

Professora Doutora Isabel Belo
Professora Doutora Carla Barbosa
Professora Doutora Rita Pinheiro

novembro de 2016

*"Obstacles don't have to stop you.
If you run into a wall, don't turn around and give up.
Figure out how to climb it, go through it, or work around it."*
Michael Jordan

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a várias pessoas pelo apoio prestado ao longo desta etapa, nomeadamente:

À empresa Drops Nazaré, por toda a disponibilidade e atenção prestada ao longo da realização deste projeto.

À Professora Doutora Rita Pinheiro, minha orientadora, pela sua dedicação, disponibilidade, incentivo para adquirir novos conhecimentos e apoio prestado ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Ao Professor Doutor Manuel Rui Alves, meu coorientador, pelo apoio e pela ajuda fundamental na área da análise estatística.

À Engenheira Susana Rocha, por todo o tempo que perdeu a auxiliar-me em laboratório para que tudo corresse bem, por todas as dúvidas tiradas e por toda a preocupação e carinho que teve ao longo desta etapa.

À Sra. D. Isabel Alves, por todo o apoio e disponibilidade despendida sempre que necessário.

Ao Dr. Orlando Morais, pela disponibilidade e paciência para análise das barras de cereais na Unidade de Investigação e Desenvolvimento em Materiais.

À Dra. Élia Fernandes e à Técnica Luísa Imperadeiro pela ajuda e apoio nos Laboratórios de Química.

À Doutora Marlene Lopes, pela forma como se demonstrou sempre disponível para me apoiar na instalação do programa Qualitek4 e na interpretação do método de Taguchi.

A todos os professores que encontrei ao longo desta etapa da minha vida, que contribuíram para o aumento dos meus conhecimentos e para o meu crescimento como pessoa e como Engenheira Alimentar.

À minha colega de mestrado sempre presente, Catarina Vieito, por todas as dúvidas tiradas (várias vezes), por todo o apoio, por me ajudar a entender que nem sempre é o fim do mundo e por todos os momentos em que em vez de fazer a tese estávamos na treta.

Às estagiárias, Darya, Catarina, Daniela, Morais e Mariana por animarem os meus dias em laboratório e pelo entusiasmo sempre que tinham barras de cereais para comer.

À minha família por todo o apoio prestado ao longo de todos estes anos pois sem eles nada disto seria possível.

Por fim, mas não menos importante, às minhas “chatinhas” do coração, por me aturarem e por me ajudarem a manter a sanidade mental.

A elaboração da dissertação conduziu à realização dos seguintes trabalhos:

Artigo em livro de atas

Martins, V., Alves, M., Pinheiro, R. (2016). Efeito da temperatura de secagem nas propriedades de textura, físico-químicas e sensoriais de uma barra de cereais sem açúcar, sem glúten e sem lactose. In: Livro de Atas do XIII Encontro de Química dos Alimentos. 78-81. ISBN: 978-989-8124-15-9.

Comunicação em poster

Martins, V., Alves, M., Pinheiro, R. (2016). Efeito da temperatura de secagem nas propriedades de textura, físico-químicas e sensoriais de uma barra de cereais sem açúcar, sem glúten e sem lactose. XIII Encontro de Química dos Alimentos, Porto, Portugal (14-16 setembro).

Resumo

A preocupação com a alimentação tem se alterado ao longo das últimas décadas, uma vez que os consumidores apresentam um interesse cada vez maior por alimentos que assegurem o seu bem-estar e saúde. A pensar na procura por novos produtos e por produtos cada vez mais saudáveis foi desenvolvida uma barra de cereais sem glúten, sem lactose e sem açúcar adicionado. Este trabalho foi dividido em duas partes. Numa primeira parte do trabalho, selecionaram-se as matérias-primas a utilizar na formulação das barras, e estudou-se o efeito da temperatura e do tempo de secagem nas propriedades de textura, sensoriais, teor de humidade e atividade da água nas barras de cereais. Foram avaliadas três temperaturas de secagem diferentes 50 °C, 60 °C e 70 °C durante 24 horas. Com estes resultados concluiu-se que o teor de humidade e a atividade da água diminuíam ao longo do tempo, sendo este efeito mais acentuado com o aumento da temperatura. Verificou-se ainda que a dureza da barra foi aumentando ao longo do tempo de secagem. Relativamente à análise sensorial, o painel considerou que a dureza e a crocância da barra aumentam com o aumento da temperatura, enquanto que a adesividade e a gomosidade diminuem com o aumento da temperatura. A segunda parte do trabalho consistiu na otimização da formulação através de um planeamento experimental, método de *Taguchi*, de arranjo ortogonal L9, de forma a avaliar o efeito de diferentes hidrocolóides, alfarroba, pectina e carboximetilcelulose, e de três temperaturas, 20 °C, 60 °C e 70 °C, nas propriedades sensoriais, físico-químicas e de textura das barras de cereais. Verificou-se que os hidrocolóides não influenciaram o teor de proteína ($7,1 \pm 0,44\%(p/p)$), hidratos de carbono ($40,4 \pm 0,79\%(p/p)$), cinzas ($1 \pm 0,04\%(p/p)$), a atividade da água ($0,58 \pm 0,03$) e o teor de humidade ($7,14 \pm 0,23\%(p/p)$). Concluiu-se que a temperatura de secagem diminuiu a atividade da água e do teor de humidade, tal como previsto, não causando qualquer alteração ao nível do teor de cinzas, de proteína e de hidratos de carbono. Sensorialmente o painel considerou que a temperatura de secagem de 20 °C não favorecia as características sensoriais da barra e dessa forma seria necessário a introdução de um hidrocolóide para diminuir os valores de gomosidade e mastigabilidade, aumentando a dureza e a crocância da barra. A análise aos parâmetros dureza e fraturabilidade, permitiu verificar que com o aumento da temperatura de secagem também o valor destes aumentavam. A análise da estrutura interna das barras de cereais através de microscopia de varrimento eletrónico, permitiu concluir que a adição de um hidrocolóide promove uma estrutura mais uniforme e que a temperatura tem um efeito acentuado nas propriedades microestruturais das barras.

Abstract

Concern about food has changed over the last decades, once consumers are showing an increasing interest for foods that ensure their well-being and health. Thinking about the consumer demand for new and healthier products, was developed a cereal bar free of gluten, lactose and added sugar. This work was divided in two parts. In the first part of the work there were selected the ingredients used in the process and studied the effect of drying temperature and time in texture, sensorial properties, moisture content and water activity in the cereal bars. There were evaluated three different drying temperatures, 50 °C, 60 °C and 70 °C during 24 hours. With this results we conclude that the moisture content and water activity decrease over the time, with this decrease being more marked with the increase of the drying temperature. Regarding texture, the hardness of the bar was increasing over the drying time. In the sensorial analysis the panel considered that hardness and crunchiness increase with the increase of temperature, while adhesiveness and gumminess decrease with the increase of temperature. The second part of the study consist in the optimization of the formulation through an experimental design, a L9 orthogonal array, with *Taguchi* method, to evaluate the effect of different hydrocolloids locust bean gum, pectin and carboxymethyl cellulose, and of three temperatures, 20 °C, 60 °C and 70 °C, in the sensory, physicochemical and texture properties of the cereal bars. It was verified that the hydrocolloids used did not influence the protein ($7,1 \pm 0,44\%(w/w)$), the carbohydrates ($40,4 \pm 0,79\%(w/w)$) the ashes content ($1 \pm 0,04\%(w/w)$), the water activity ($0,58 \pm 0,03$) or moisture ($7,14 \pm 0,79\%(w/w)$). It was concluded that the drying temperature decrease the water activity and moisture, as expected, not inducing any modification at the level of ash, protein and carbohydrates content. Sensory the panel has considered that the drying temperature of 20 °C did not favour the sensorial characteristics of the cereal bar and it will be necessary to had a hydrocolloid to decrease the values of gumminess and chewiness, increasing hardness and crunchiness. The analysis of the parameters hardness and fracturability, allow us to verify that with the increase of the drying temperature also the value of this increased. The internal structure of the cereal bars studied through scanning electron microscopy allowed to conclude that the addition of an hydrocolloid favors a more even structure and the temperature factor has great effect in the microstructural properties of the cereal bars.

Índice geral

Agradecimentos	vii
Resumo.....	xi
Abstract.....	xiii
Índice de figuras	xvii
Índice de tabelas.....	xix
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	2
2 Revisão Bibliográfica.....	5
2.1 Os cereais na dieta alimentar	5
2.2 Barras de Cereais	5
2.3 Ingredientes	7
2.3.1 Aveia	7
2.3.2 Arroz	8
2.3.3 Linhaça.....	9
2.3.4 Sésamo.....	10
2.4 Edulcorantes.....	10
2.4.1 Stevia	11
2.4.2 Manitol	12
2.4.3 Maltitol	13
2.4.4 Maltodextrina	14
2.5 Hidrocolóides	15
2.5.1 Carboximetilcelulose	17
2.5.2 Goma de Alfarroba.....	17
2.5.3 Pectina	18
2.6 “Sem glúten”, “Sem lactose” e “Sem açúcar”	19

2.7	As barras de cereais e o consumidor.....	24
3	Materiais e Métodos	27
3.1	Matérias-primas	27
3.2	Parte I – Estudo do efeito da temperatura de secagem nas propriedades de textura 27	
3.3	Parte II – Estudo do efeito da adição de hidrocolóides e de temperatura	31
3.4	Métodos analíticos.....	36
3.4.1	Determinação da atividade da água (a_w).....	36
3.4.2	Determinação do teor de humidade	36
3.4.3	Determinação do teor de cinzas.....	36
3.4.4	Determinação do teor de proteína.....	36
3.4.5	Determinação do teor de hidratos de carbono.....	36
3.4.6	Análise da textura.....	37
3.4.7	Microscopia de varrimento eletrónico (MVE).....	38
3.4.8	Análise sensorial.....	39
3.4.9	Análise estatística	39
4	Resultados e Discussão	41
4.1	Parte I	41
4.1.1	Atividade da água (a_w).....	41
4.1.2	Teor de Humidade.....	42
4.1.3	Textura	43
4.1.4	Análise Sensorial	44
4.1.5	Análise multivariada.....	46
4.2	Parte II	47
4.2.1	Atividade da água (a_w).....	48
4.2.2	Teor de Humidade.....	48
4.2.3	Teor de Cinzas	49

4.2.4	Teor de Proteína.....	50
4.2.5	Teor de Hidratos de Carbono	51
4.2.6	Textura.....	52
4.2.7	Análise Sensorial.....	54
4.2.8	Microscopia de varrimento eletrônico (MVE).....	55
4.2.9	Método de Taguchi	57
5	Conclusão.....	61
6	Bibliografia	63
7	Apêndices.....	77
7.1	Apêndice I – Folhas de prova	77
7.1.1	Folha de prova utilizada na avaliação da análise sensorial na parte I.....	77
7.1.2	Folha de prova utilizada na avaliação da análise sensorial na parte II.....	78
7.2	Apêndice II – Representação gráfica de resultados obtidos na parte II	79
7.3	Apêndice III – Análise estatística dos resultados da parte I e II.....	81

Índice de figuras

Figura 1 - Estrutura química da Stevia (Geuns, 2003).	12
Figura 2 - Estrutura química do Manitol (Nabors, 2011).	13
Figura 3 - Estrutura química do Maltitol (Nabors, 2011).	14
Figura 4 - Estrutura química da Maltodextrina (Zemser, 2015).	14
Figura 5 - Estrutura química do CMC (Imeson, 1997).	17
Figura 6 - Estrutura química da goma de Alfarroba (Barak et al., 2014).	18
Figura 7 - Estrutura química da Pectina (Rolin et al., 1990).	19
Figura 8 - Variação do consumo de barras de cereais em Portugal no ano de 2015, de acordo com a fonte: Marktest, TGI (TGI, 2016).	24
Figura 9 - Fluxograma de produção da parte I.	
Figura 10 - Fluxograma de produção da parte II.	
Figura 11 - Gráfico resultante de um ensaio de textura com a sonda Mini 3 Point Bend Rig (força vs tempo).	37
Figura 12 - Variação da atividade da água, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C).	41
Figura 13 - Variação do teor de humidade, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C).	43
Figura 14 - Variação da textura, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C).	44
Figura 15 - Variação da análise sensorial, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (A) 50 °C, (B) 60 °C e (C) 70 °C.	45
Figura 16 – Representação dos componentes principais (CP 1 vs CP 2) aplicado aos dados das análises físico-químicas, sensoriais e de textura das barras de cereais, ao longo do tempo (4, 6, 8 e 24 horas), para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C) com projeção dos casos (formulações).	47
Figura 17 - Variação da adesividade (A), dureza (B) e fraturabilidade (C), das barras de cereais, para os diferentes ensaios.	53
Figura 18 - Variação da análise sensorial, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.	54
Figura 19 – Variação da estrutura interna, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.	
Ampliação x1000, escala de 50 µm, imagem retirada de um corte transversal das barras de	

cereais. Os números indicados nas imagens correspondem aos respectivos ensaios do planeamento experimental.	56
Figura 20 - Efeitos individuais da concentração de goma de alfarroba (A), de pectina (B), de CMC (C) e da temperatura (D) na dureza da barra de cereais, em diferentes níveis..	57
Figura 21 - Variação da atividade da água, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.	79
Figura 22 - Variação do teor de humidade, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.	79
Figura 23 - Variação do teor de cinzas, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.....	80
Figura 24 - Variação do teor de proteína, das barras de cereais, nos diferentes ensaios..	80
Figura 25 - Variação do teor de hidratos de carbono, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.....	81

Índice de tabelas

Tabela 1 - Propriedades nutricionais de flocos de aveia (INSA, 2016).	8
Tabela 2 - Propriedades nutricionais de arroz extrudido (INSA, 2016).	9
Tabela 3 - Propriedades nutricionais da semente de linhaça (USDA, 2016).	10
Tabela 4 - Propriedades nutricionais da semente de sésamo (USDA, 2016).	10
Tabela 5 - Características das principais gomas alimentares (Nabors, 2011; Wankenne, 2015).	16
Tabela 6 - Estudos realizados, sem glúten ou sem açúcar adicionado, em produtos alimentares.	
Tabela 7 - Barras de cereais presentes no mercado em Portugal sem glúten, sem lactose ou sem açúcar adicionado.	
Tabela 8 - Formulação da barra de cereais na parte I.	28
Tabela 9 - Níveis e fatores do planeamento experimental.	31
Tabela 10 - Planeamento experimental.	31
Tabela 11 - Planeamento experimental para quatro fatores e três níveis, com os respetivos valores reais.	32
Tabela 12 - Formulações das barras de cereais na parte II.	33
Tabela 13 - Variação da atividade da água, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.	48
Tabela 14 - Variação do teor de humidade, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.	49
Tabela 15 - Variação do teor de cinzas, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.	50
Tabela 16 - Variação do teor de proteína, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.	51
Tabela 17 - Variação do teor de hidratos de carbono, das barras de cereais, nos diferentes ensaios.	52
Tabela 18 - Análise de variância (ANOVA) do arranjo ortogonal L9 do método de Taguchi na dureza das barras de cereais.	58
Tabela 19 - Interações estimadas dos fatores estudados com base no índice de severidade, SI (%).	59
Tabela 20 - Condições ótimas previstas pelo método de Taguchi para maximizar a dureza da barra de cereais.	59

Tabela 21 – Resultados obtidos de a_w , teor de humidade e dureza, medida instrumentalmente, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C), da parte I.....	81
Tabela 22 - Resultados obtidos da análise sensorial, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C), da parte I.....	82
Tabela 23 - Resultados obtidos de a_w , teor de humidade, teor de cinzas, teor de hidratos de carbono e teor de proteína, das barras de cereais, nos diferentes ensaios da parte II.	82
Tabela 24 - Resultados obtidos dos atributos de textura, fraturabilidade, dureza e adesividade, das barras de cereais, nos diferentes ensaios da parte II.	83
Tabela 25 - Resultados obtidos na análise sensorial, das barras de cereais, nos diferentes ensaios da parte II.	83

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Ao longo dos últimos 40 anos, têm ocorrido profundas mudanças no estilo de vida da população, principalmente em relação aos hábitos alimentares (Junior, 2011). Atualmente podemos falar de um novo tipo de consumidor: mais informado, mais consciente e preocupado com a saúde, modificando os seus hábitos de consumo no sentido de procurar alimentos mais saudáveis, baixos em calorias e/ou que tenham uma função específica. Pelo facto de estarem cada vez mais informados e atentos, os consumidores são claramente mais exigentes, procurando produtos que respondam diretamente às suas necessidades.

O nosso quotidiano, fundamentalmente urbano, tem sofrido alterações, traduzidas, entre outros aspetos, num tempo cada vez mais reduzido destinado às refeições. A opção por uma alimentação saudável, rápida, nutritiva e de fácil consumo caracteriza a tendência do atual consumidor. Assim, a procura de alimentos que proporcionem um lanche a meio da manhã, ou a meio da tarde, que seja simultaneamente saudável, prático e rápido é cada vez mais uma prática comum (AEP, 2009). A pesquisa e o desenvolvimento de novos produtos, originando alimentos prontos a comer, que sejam ricos em fibras, vitaminas e antioxidantes, são exemplos do esforço que as indústrias têm feito para atender a essas novas exigências do consumidor (Junior, 2011). Durante muitos anos, os *snacks* foram considerados como alimentos de baixo valor nutricional. Desta forma e devido ao crescente interesse do consumidor por alimentos benéficos para a saúde, estão a ser cada vez mais desenvolvidos *snacks* considerados saudáveis, com um conteúdo adequado de macro e micronutrientes (Guimarães *et al.*, 2009). Um exemplo notório desses *snacks* são as barras de cereais (Junior, 2011).

Segundo a European Food Safety Authority (EFSA), barras de cereais são definidas como “barras de *snack* feitas de cereais extrudidos, em flocos ou laminados, unidos por mel e/ou xaropes, com possibilidade de inclusão de outros ingredientes” (European Food Safety Authority, 2011).

A barra de cereais é um alimento nutritivo de sabor adocicado e agradável, fonte de vitaminas, sais minerais, fibras, proteínas e hidratos de carbono complexos (Gutkoski *et al.*,

2007). São de fácil consumo e requerem pouca ou nenhuma preparação por parte do consumidor (Estevez *et al.*, 1995).

Os principais aspetos considerados no fabrico das barras de cereais incluem: a escolha do cereal, a seleção do hidrato de carbono apropriado, o enriquecimento com vários nutrientes e a sua estabilidade durante e após o processamento. A associação entre barras de cereais e alimentos saudáveis é uma tendência no setor alimentar, o que beneficia o mercado destes produtos (Gutkoski *et al.*, 2007).

As barras de cereais são alimentos que surgiram como alternativa aos biscoitos e aos produtos de confeitaria industrializados. Apesar destes produtos nem sempre serem saudáveis, várias alternativas têm sido propostas para melhorar as suas características nutricionais (Santos, 2010).

Neste sentido, surge o presente trabalho em parceria com a empresa Drops Nazaré, que pretende desenvolver uma barra de cereais, em alternativa ao produto já existente, que seja: sem glúten, sem lactose e sem açúcar adicionado, adequada a intolerantes à lactose e ao glúten. A empresa Drops Nazaré é uma empresa dedicada ao fabrico de rebuçados. Produzindo desde chupas, caramelos e rebuçados a pastilhas elásticas, torrões e barras de cereais.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento e otimização de uma barra de cereais sem glúten, sem lactose e sem açúcar adicionado, com foco no sabor e na textura da mesma.

De forma a otimizar a barra de cereais este estudo foi dividido em duas partes. A parte I, teve como finalidade a seleção das matérias-primas para a formulação base e das condições operacionais do processo produtivo. A parte II do trabalho consistiu na otimização da formulação da barra de cereais. Nesta parte pretendeu-se estudar o efeito dos hidrocolóides nas propriedades físico-químicas, de textura e sensoriais da barra de cereais.

O trabalho desenvolvido contemplou as seguintes atividades:

- Seleção das matérias-primas e aditivos para a formulação da barra de cereais sem glúten, sem lactose e sem açúcar adicionado;

- Estudo do efeito da temperatura e tempo de secagem nas propriedades de textura da barra;
- Planeamento experimental, através do método de *Taguchi*, para estudar o efeito dos diferentes hidrocolóides e da temperatura nas características físico-químicas, de textura, microestruturais e sensoriais da barra.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Os cereais na dieta alimentar

Os cereais são frutos de herbáceas, da família das Gramíneas, sendo os principais o trigo, a cevada, a aveia, o centeio, o arroz, o milho, o sorgo e o milho miúdo (Kent *et al.*, 1994). Com o início da agricultura, há cerca de 10 000 anos, os grãos integrais começaram a fazer parte da dieta humana. Durante os últimos 3000-4000 anos, uma grande maioria da população mundial tem vindo a servir-se dos grãos integrais como proporção principal da sua dieta. Só nos últimos 100 anos é que a maioria da população começou a consumir produtos de grãos refinados. Em países desenvolvidos os grãos são geralmente sujeitos a algum tipo de processamento como a moagem, extração a quente, cozimento, fervura, ou outra técnica antes do seu consumo. Os cereais de pequeno-almoço são normalmente extrudidos, tufados, em flocos, ou então alterados de forma a obter um produto desejável (Slavin, 2004). Os produtos à base de cereais variam muito no teor de fibra alimentar, por esta se encontrar nas camadas externas do grão. Estas camadas estão presentes nos produtos integrais, mas ausentes ou reduzidas nos refinados. Esta variação mantém-se quanto à proporção de fibra solúvel e insolúvel entre os diferentes tipos de cereais (Paiva, 2008).

2.2 Barras de Cereais

Os alimentos de hoje não são unicamente para saciar a fome e para fornecer os nutrientes necessários para o Homem, mas também para prevenir doenças relacionadas com a nutrição e melhorar o estado físico e mental dos consumidores (Menrad, 2003). Neste contexto, as barras de cereais são uma opção de alimento prático, rico em fibras e com baixo valor calórico (Covino *et al.*, 2015). As barras de cereais, foram introduzidas há mais de uma década, como uma alternativa saudável aos doces, num momento em que o consumidor começou a apresentar maior sensibilidade e preocupação com a saúde e com as dietas (Bower *et al.*, 2000). Nas últimas décadas, as exigências dos consumidores têm mudado consideravelmente. O consumidor acredita cada vez mais que os alimentos contribuem diretamente para a sua saúde (Mollet *et al.*, 2002). A associação entre barras de cereais e alimentos saudáveis é uma tendência bem documentada na indústria alimentar (Villavicencio *et al.*, 2007). Barras de cereais são um produto obtido da mistura ou combinação de três ou mais matérias-primas, com valores nutritivos específicos e sabores

característicos, e de um agente ligante que lhe confere a textura adequada. Geralmente, são embaladas e comercializadas, normalmente, em porções individuais de 25 a 30 g (Gomes *et al.*, 2006).

O processamento das barras ocorre em duas fases, a fase “sólida”, obtida da compactação de cereais como arroz, aveia, milho e cevada e de frutos diversos, e a fase “líquida”, onde se adicionam os elementos ligantes, tais como mel, xarope de glucose, sacarose, lecitina, óleos, gordura vegetal entre outros, podendo ocorrer variação nos ingredientes de acordo com o sabor que se pretende. As barras podem ainda ser enriquecidas com vitaminas, minerais, antioxidantes e proteínas (Gomes *et al.*, 2006; Paiva, 2006; Sampaio, 2009a).

As barras de cereais representam uma alternativa de complemento alimentar tendo como base nutricional hidratos de carbono, proteínas e fibras. São um meio prático e conveniente de ingerir nutrientes, além de serem fáceis de encontrar e transportar (Peuckert *et al.*, 2010). No início da década de 90, como alternativa saudável às barras de chocolate, surgiram as barras de cereais, inicialmente direcionadas aos adeptos de desportos radicais. No entanto, com o passar do tempo, estas barras conquistaram também os quadros mais altos das empresas (Navarro, 2010).

Os atributos sensoriais das barras de cereais foram-se modificando com o tempo, principalmente em relação ao sabor, à textura – de “duro” e crocante, o produto passou a ser “macio” e mastigável - e à incorporação de diferentes sabores, originando além dos sabores adocicados também os salgados, produzidos para aumentar as opções dos consumidores (Junior, 2011). As barras de cereais são muito consumidas, especialmente pela sua comodidade; no entanto apresentam baixos teores de nutrientes essenciais, e na sua maioria, não podem ser ingeridas por pessoas celíacas (Pagamunici *et al.*, 2014). As barras contêm normalmente açúcar, como ingrediente principal, o qual atua como ligante e adoçante. Devido ao aumento da consciência por parte dos consumidores sobre os efeitos negativos do açúcar no índice glicémico e nas doenças que lhe estão associadas, a procura por produtos sem açúcar tem vindo a aumentar (Pallavi *et al.*, 2015). Segundo Palazzolo (2003), o catalisador para o crescimento no segmento de barras de cereais nos Estados Unidos da América, a partir da última década, foram produtos inovadores e um foco na conveniência e saúde. Já os resultados obtidos por Smith *et al.* (2009), mostram que o consumo de barras de cereais ao pequeno-almoço tem efeitos benéficos no humor e na memória.

As barras têm ganho o mercado consumidor nos segmentos “*diet*”, “para mulheres”, “atletas de fim de semana”, “desportistas” entre outros (Freitas *et al.*, 2006). Estas tornaram-se uma solução para as lancheiras, pequenos almoços durante o transporte e lanches após a escola (Aramouni *et al.*, 2011). As barras de cereais têm tido aceitabilidade aos olhos dos consumidores como sendo boas, em termos nutricionais, relativamente ao elevado teor de fibra. A popularidade destes produtos reflete as orientações nutricionais que recomendam um aumento da ingestão de fibra dietética, uma vez que o baixo consumo de fibra pode estar relacionado com a prevalência de algumas doenças (Dutcosky *et al.*, 2006).

2.3 Ingredientes

2.3.1 Aveia

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal de excelente valor nutricional, que pode ser utilizado na composição de produtos de valor calórico reduzido e como fonte de fibras alimentares, atendendo às suas características de alimento funcional (Gutkoski *et al.*, 2009).

A aveia foi reconhecida como alimento funcional pela FDA (*Food and Drug Administration*) em 1997, e tem recebido destaque por ser um cereal promotor de saúde em virtude das suas propriedades nutricionais e funcionais e do seu teor em fibras alimentares, além de ser uma fonte natural de antioxidantes. Por esse motivo, tem crescido o interesse dos consumidores por produtos que contenham este cereal na sua formulação (Piovesana *et al.*, 2013).

Um dos principais ingredientes das barras de cereais é a aveia, um cereal rico em proteínas, ácido oleico e linoleico, e vitaminas. O hidrato de carbono presente é rico em fibras solúveis, denominadas beta-glucanas, que são polissacarídeos lineares, não-ramificados, compostos por unidades de glicose unidas por ligações do tipo beta 1,4 e beta 1,3 glicose. São hidrossolúveis e resistentes aos processos digestivos.

Na aveia, a fibra alimentar encontra-se principalmente nos tecidos externos do grão (casca e farelo), com funções estruturais e de proteção. Estes tecidos contêm acima de 70% do total da fibra alimentar, enquanto que o endosperma (camada mais interna do grão) apresenta quantidades relativamente pequenas (Sampaio, 2009a).

A aveia destaca-se dos demais cereais pelo seu teor e qualidade proteica, que varia entre 12,4% e 24,5% (p/p) no grão descascado, e pela percentagem de lípidos, que varia entre

3,1% e 10,9% (p/p) distribuídos por todo o grão, com predominância de ácidos gordos insaturados (Piovesana, 2011). Contém ainda, entre 7,1% e 12,1% (p/p) de fibra alimentar total dependendo dos métodos de determinação utilizados e diferenças entre espécies (Gutkoski *et al.*, 2007). A aveia passa por processamentos mecânicos e térmicos para a obtenção de diversos produtos como o farelo de aveia, a farinha de aveia e os flocos de aveia. Esta diversificação de aveia permite a sua ampla utilização pela indústria alimentar (Piovesana, 2011).

A aveia tem sido alvo de atenção por parte de médicos, nutricionistas, consumidores e entidades reguladoras devido às suas características nutricionais (Tabela 1) e, principalmente, devido ao seu teor e qualidade das fibras alimentares. Reduz o colesterol, prevenindo doenças cardiovasculares, e a sua composição química e qualidade nutricional são relativamente altas quando comparado com outros cereais (Gutkoski *et al.*, 2007).

Mais recentemente, o baixo nível alergénico da aveia, e a sua adequação à maioria dos doentes celíacos são fatores que têm recebido a atenção dos profissionais de saúde e da indústria alimentar (Gates *et al.*, 2008a; Gates *et al.*, 2008b).

Tabela 1 - Propriedades nutricionais de flocos de aveia (INSA, 2016).

Propriedades nutricionais	Por 100 g
Valor energético	366 kcal
Hidratos de carbono	58,7 g
Proteína	13,5 g
Cinza	1,4 g
Fibra	6,7 g
Água	10,9 g

2.3.2 Arroz

O arroz (*Oryza sativa*, L.) é cultivado em praticamente todos os países, sendo um dos principais produtos da alimentação humana, é considerado uma das principais fontes energéticas da nossa dieta (Walter *et al.*, 2008) (Tabela 2).

É uma importante fonte de calorias e de complementação proteica na alimentação humana, além de contribuir significativamente para o suprimento das necessidades de alguns minerais, como o fósforo, o magnésio e o potássio (Paiva, 2008). Constitui uma importante fonte de hidratos de carbono, maioritariamente amido, que se encontra predominantemente nas células do endosperma do arroz maduro (Amagliani *et al.*, 2016).

A sua versão extrudida, um ingrediente presente na maioria das barras de cereais, é um produto crocante, fabricado à base de farinha de arroz, açúcar, malte e sal. Este processo consiste em submeter os ingredientes à influência de calor, humidade, pressão e cisalhamento, transformando-os numa massa viscoelástica que emerge do extrusor. A queda súbita de pressão permite a vaporização de água e, conseqüentemente, a expansão da massa de cereal. O produto tem uma estrutura celular formada por bolsas de ar envolvidas por uma parede de amido gelatinizado, o que contribui para a sua textura quebradiça (Sampaio, 2009a).

Tabela 2 - Propriedades nutricionais de arroz extrudido (INSA, 2016).

Propriedades nutricionais	Por 100 g
Valor energético	379 kcal
Hidratos de carbono	76,4 g
Proteína	7,0 g
Cinza	1,5g
Fibra	2,1 g
Água	4,5 g

2.3.3 Linhaça

A linhaça (*Linum usitatissimum*), que significa “muito útil”, é hoje frequentemente usada como ingrediente em produtos de panificação, devido maioritariamente ao elevado conteúdo em ácido alfa-linoleico (ALA, 18:3n-3), um ácido gordo ómega-3 de cadeia curta, e em lignina, um composto com propriedades antioxidantes e um importante precursor de ligninas *mammalian* (De Aguiar, 2011; Patenaude *et al.*, 2009). A linhaça é uma fonte essencial de proteína e fibra solúvel de alta qualidade e tem um potencial considerável como fonte de compostos fenólicos (Tabela 3). Está a emergir como um importante ingrediente funcional devido ao seu conteúdo rico em ácido alfa-linoleico, ligninas e fibras (Singh *et al.*, 2011).

A ingestão adequada de ALA é de 1,6 g/dia para homens e 1,1 g/dia para mulheres. Cerca de 30 g de linhaça fornecem 6 g de ALA, que é duas a três vezes a quantidade considerada adequada (Aliani *et al.*, 2011).

A linhaça tem sido descrita como antiarrítmica (controlo do ritmo irregular do coração) (Ander *et al.*, 2004), anti-aterogénica (reduz níveis de colesterol) e anti-inflamatória, além de melhorar as funções vasculares (Dupasquier *et al.*, 2007; Dupasquier *et al.*, 2006).

Tabela 3 - Propriedades nutricionais da semente de linhaça (USDA, 2016).

Propriedades nutricionais	Por 100 g
Valor energético	534 kcal
Hidratos de carbono	28,9 g
Proteína	18,3 g
Cinza	3,7 g
Fibra	27,3 g
Água	6,9 g

2.3.4 Sésamo

As sementes de sésamo (*Sesamum indicum* L.) têm sido utilizadas como um importante género alimentício desde há cerca de 6.000 anos. As sementes de sésamo variam na cor, tamanho, e textura exterior, sendo os seus principais constituintes óleo, proteínas e hidratos de carbono, e em menor quantidade várias vitaminas e minerais (Namiki, 2007) (Tabela 4).

Contêm uma grande quantidade de glicosídeos lignana, solúveis em água, tendo estes sido considerados como antioxidantes fortes, e como sendo precursores de antioxidantes lignanas solúveis em lípidos (Ramarathnam *et al.*, 1995).

São ainda descritas como possuindo propriedades anti-envelhecimento, tendo efeito positivo no colesterol do sangue, alívio dos sintomas de abstinência alcoólica, entre outras (Suja *et al.*, 2004).

Tabela 4 - Propriedades nutricionais da semente de sésamo (USDA, 2016).

Propriedades nutricionais	Por 100 g
Valor energético	573 kcal
Hidratos de carbono	23,5 g
Proteína	17,7 g
Cinza	4,5 g
Fibra	11,8 g
Água	4,7 g

2.4 Edulcorantes

Os edulcorantes, são substâncias que apresentam, em geral, um poder adoçante muito superior ao da sacarose (açúcar) e, por isso, são utilizados em quantidades bem menores quando comparados com a sacarose. Estes podem ser classificados de várias formas,

geralmente com base na sua origem e valor calórico. A legislação da CEE em vigor, o *Codex Alimentarius* e alguns autores (D.B. Ott, C.L. Edwards, S.J. Palmer, Olinger and Pepper) classificam a sacarose e os seus substitutos em dois grandes grupos: os edulcorantes nutritivos, que fornecem energia e textura aos alimentos e, geralmente, contém o mesmo valor calórico da sacarose, sendo utilizados em maiores quantidades; e os edulcorantes não nutritivos, que fornecem apenas doçura acentuada, não desempenham nenhuma outra função tecnológica no produto final, sendo utilizados em quantidades muito pequenas; são pouco calóricos ou efetivamente não calóricos (Fani, 2014; Nabors, 2011).

Os edulcorantes são muitas vezes usados em combinação para fornecer certas propriedades sensoriais e para beneficiar da sinergia que ocorre com certas combinações dos mesmos. Misturas de alguns destes foram referidas como produzindo uma intensidade de doçura total maior do que a soma teórica dos efeitos dos edulcorantes dos componentes individuais da mistura. Isto é, quando um edulcorante é combinado com outro(s), pode produzir um efeito sinérgico adoçante (Schiffman *et al.*, 1995).

Alguns exemplos de edulcorantes utilizados na indústria alimentar são o acessulfame-K, o eritritol, o isomalte, a stevia, o maltitol e o manitol (O'Donnell, 2012).

2.4.1 Stevia

Stevia (E960) (*Stevia rebaudiana*) é um pequeno arbusto, herbáceo, semi espesso e vivaz da família *Asteraceae*. As suas folhas contêm misturas de complexos de glicosídeos diterpenos, incluindo esteviosídeos, glicosídeos de esteviol, rebaudiosídeos (A, B, C, D, E e F) e dulcosídeos A.

A Stevia é considerada muito benéfica para o Homem, por ser 100% natural, ter zero calorias, não afetar os níveis de açúcar no sangue como o açúcar comum, ser 250-300 vezes mais doce do que a sacarose e ser estável a uma temperatura de aquecimento acima de 200 °C. Não é fermentável, intensifica o sabor do produto, previne as cáries, é recomendada para diabéticos e pessoas obesas, não é tóxica, não é viciante, pode ser confeccionada e as suas folhas podem ser usadas no seu estado natural (Kulthe *et al.*, 2014).

Na sua forma natural, os glicosídeos de esteviol (Figura 1) são um material branco cristalino com um ponto de fusão de 196-198 °C. São moléculas estáveis a 100 °C quando mantidas em solução numa gama de pH de 3-9, embora se decomponha rapidamente a níveis de pH alcalinos ou superiores a 10 sobre estas condições. A sua intensidade de doçura varia com

a concentração e exibe alguma amargura e um sabor final de boca indesejado (Nabors, 2011).

Segundo o Regulamento (CE) nº 1333/2008 o teor máximo de glicosídeos de esteviol em cereais para pequeno-almoço é de 330 mg/kg.

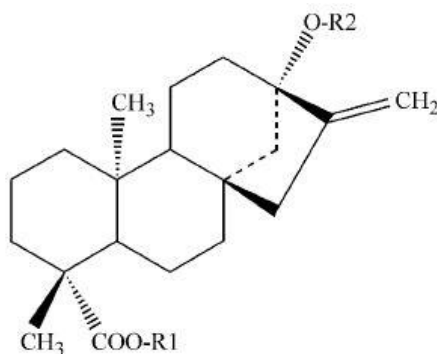


Figura 1 - Estrutura química da Stevia (Geuns, 2003).

2.4.2 Manitol

O manitol (E421) é encontrado em vegetais, como o aipo, a cebola, a beterraba, azeitonas, figos, cogumelos e algas marinhas. Não é higroscópico, tem baixa solubilidade e não é fermentescível. Apresenta uma temperatura de fusão de 165 °C e 168 °C. Pode ser utilizado como edulcorante, espessante e excipiente (diluyente) e como agente antiaderente, impedindo a aglomeração do edulcorante em pó. A sua baixa higroscopicidade faz com que não absorva água, mesmo em humidade relativa superior a 90%. O seu sabor tem efeito refrescante mais pronunciado do que o sorbitol. Entre os polióis, o manitol é o que apresenta ação laxativa mais pronunciada, quando ingerido em elevadas doses, sendo que um adulto médio pode consumir até 20 g de manitol num dia sem ter efeitos laxativos. Estimula a secreção de insulina, provavelmente devido ao fato de ser parcialmente convertido em glicose no organismo, o que não resulta em hiperglicemia. Admite-se que o seu valor calórico é duas vezes menor do que o da sacarose, ou seja, 2 kcal/g e não sofre reação de *Maillard*. A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e a Organização Mundial de Saúde (OMS) permitem uma dose diária de 50 mg a 150 mg de manitol/kg de peso corporal (Fani, 2014; Nabors, 2011).

É um poliól ou um álcool poli-hídrico de cadeia linear com seis carbonos, o que significa que tem seis grupos hidróxido e fórmula molecular C₆H₁₄O₆ (Figura 2). Tem um sabor doce agradável e é aproximadamente 50% tão doce como a sacarose. É lentamente absorvido

pelo organismo desde o trato gastrointestinal e é metabolizado pelo fígado, maioritariamente em frutose, um hidrato de carbono que é altamente tolerável por indivíduos com diabetes. Tem várias aplicações na indústria desde, pastilhas elásticas a produtos farmacêuticos (Nabors, 2011).

Considera-se que tem diversos efeitos benéficos, como antioxidante e como edulcorante não metabolizável. O manitol é um valioso edulcorante nutritivo devido a não ser tóxico, não higroscópico na sua forma cristalina e não tem efeitos adversos nos dentes (Wisselink *et al.*, 2002).

Segundo o Regulamento (CE) nº 1333/2008 o teor máximo final de manitol no género alimentício é *quantum satis*.

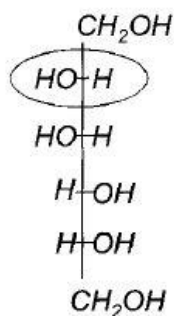


Figura 2 - Estrutura química do Manitol (Nabors, 2011).

2.4.3 Maltitol

Maltitol (E965), ou maltose hidrogenada, é um elemento da família dos edulcorantes conhecidos por polióis. Tem vários atributos e propriedades que permitem a sua aplicação numa vasta gama de produtos alimentares, como perfil adoçante semelhante ao da sacarose, calorias reduzidas, não cariogénico, possibilidade de ser usado em dietas diabéticas, substancialmente não higroscópico, termoestável e um substituto da gordura (Nabors, 2011).

Apresenta a fórmula molecular $\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_{11}$ (Figura 3), é obtido a partir da hidrogenação da maltose e apresenta cerca de 80% a 90% do sabor doce da sacarose, porém com uma redução calórica de 40% (2,4 kcal/g contra 4,0 kcal/g da sacarose). Entre os polióis, é o segundo com menor efeito laxativo, sendo quase tão bem tolerado (90 g/dia) quanto a sacarose (120 g/dia). É bastante utilizado em produtos dietéticos como chocolates, bolos, biscoitos e doces em geral. O xarope de maltitol é constituído por uma mistura de maltitol

puro com outras cadeias lineares maiores que têm o maltitol como base, sendo adicionadas uma ou mais moléculas de glicose. O xarope é muito usado em barras de cereais, barras nutricionais, granolas, rebuçados e doces (Campos, 2013).

Segundo o Regulamento (CE) nº 1333/2008 o teor máximo final de maltitol no género alimentício é *quantum satis*.

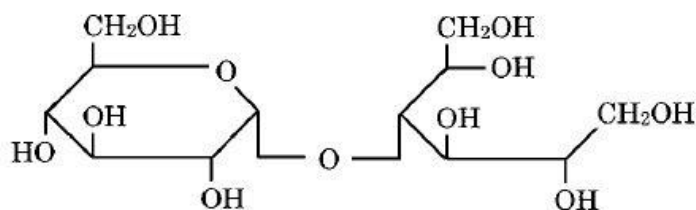


Figura 3 - Estrutura química do Maltitol (Nabors, 2011).

2.4.4 Maltodextrina

A maltodextrina consiste em unidades de β -D-glucose ligadas maioritariamente por pontes glicosídeas (1 \rightarrow 4) (Figura 4) e é geralmente classificada de acordo com o seu equivalente de dextrose (ED). É utilizada maioritariamente em materiais que são de difícil secagem – sumos de fruta, aromas e adoçantes, e para reduzir problemas de aderência e de aglomeração durante o armazenamento, melhorando assim a estabilidade do produto (Gabas *et al.*, 2007).

Apresenta a função de agente transportador e agente de volume, fornecedor de textura, substituto de gordura, formador de filmes, agente de controlo de congelação, para prevenir a cristalização, ou para fornecer valor nutricional (Marchal *et al.*, 1999).

Não é particularmente ativa na superfície, e por isso a sua maior ação estabilizante em emulsões água-óleo é promovida pela modificação da viscosidade ou gelatinização da fase aquosa contínua em redor das gotículas de óleo (Klinkesorn *et al.*, 2004).

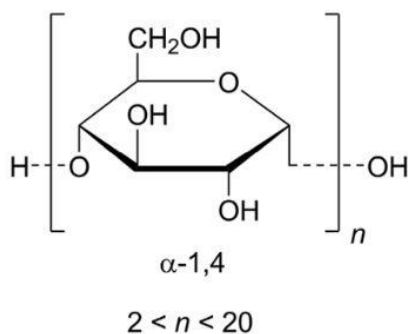


Figura 4 - Estrutura química da Maltodextrina (Zemser, 2015).

2.5 Hidrocolóides

Os hidrocolóides são os aditivos mais comumente utilizados pela indústria alimentar. Podem ter as seguintes funções: espessante, gelificante, emulsionante, estabilizante, substitutos de gordura, clarificante e floculante; adicionalmente estes têm aplicações nas áreas dos filmes edíveis, encapsulação de sabores e inibidores de cristalização.

São um grupo diversificado de polímeros de cadeia longa que são rapidamente dispersos, total ou parcialmente solúveis, e propensos a ganhar volume em água. Estes alteram as propriedades físicas das soluções de forma a formarem géis, para permitir o espessamento, a emulsificação, o revestimento e a estabilização das mesmas.

A seleção de um hidrocolóide em particular, para a preparação de um produto alimentar, depende das suas características técnicas, mas também do seu valor e segurança (Li *et al.*, 2016).

Na Tabela 5 encontram-se dezoito tipos de hidrocolóides, relativamente às suas características e aplicações.

Tabela 5 - Características das principais gomas alimentares (Nabors, 2011; Wankenne, 2015).

Nome	Fonte	Utilizações	Propriedades
Goma guar	Sementes de <i>Cyamopsis tetragonolobus</i>	Espessante e estabilizante para gelados lácteos.	Dispersa em água fria ou quente. Não gelifica. Possui alta viscosidade em baixas concentrações.
Goma de alfarroba	<i>Ceratonia siliqua</i> da família Leguminosae	Estabilizante de emulsões, espessante de gelados e lácteos. Encapsulante.	Dispersa em água fria ou quente. Sinergismos com Carragena. Não gelifica.
Goma arábica	Exsudado da <i>Acacia Senegal</i> e outras espécies da família Leguminosae	Estabilizante de emulsões e encapsulante.	Bastante solúvel em água. Devido ao seu baixo peso molecular e estrutura ramificada, forma soluções pouco viscosas.
Goma adraganta	Exsudado de <i>Astragalus gummifer Labillardier</i> , ou de espécies asiáticas de <i>Astragalus</i> da família Leguminosae	Estabilizante de emulsões e espessante.	Em água forma soluções altamente viscosas, mesmo em baixas concentrações. Resistente à ação de ácidos. É uma das poucas gomas exsudadas de cor quase branca.
Agar	Algas marinhas do género Gelidium	Gelificante para doces, massas e carnes.	Insolúvel em água fria, solúvel em água em ebulição. Forma géis bastante firmes à temperatura ambiente. Os seus géis são termorreversíveis.
Carragena	Algas vermelhas da família Rhodophyceae: <i>Chondrus crispus</i> e <i>Gigantina mamilliosa</i>	Gelificante para lácteos. Espessante e estabilizante em molhos e sopas.	Solúvel em água a 80 °C. Gelifica com K ⁺ , formando géis termorreversíveis.
Alginato	Algas marrons, como <i>Laminaria digitata</i> e <i>Macrosystis purpurea</i>	Gelificante em lácteos, estabilizante e espessante.	Insolúvel em água fria. Solúvel em soluções alcalinas. Forma géis com Ca ⁺² e Al ⁺³ .
Goma karaya	Exsudado da planta <i>Sterculia urens</i>	Espessante de lácteos. Estabilizante de emulsões.	Pouco solúvel em água. Absorve grandes quantidade de água. Substitui a goma adraganta.
Goma xantana	Produto da fermentação de um substrato contendo D-glicose com <i>Xanthomonas campestris</i>	Estabilizante e espessante. Muito usada em molhos para saladas.	Solúvel em água fria ou quente. Solução viscosa pouco afetada pelo pH ou pela temperatura. Não gelifica. Comportamento pseudoplástico.
Celulose	Paredes celulares de plantas com alto teor de fibras insolúveis	Substituir calorias e gordura. Espessante	Retenção de humidade, não tem calorias, gelifica com o calor e ao arrefecer retorna à sua viscosidade líquida original.

2.5.1 Carboximetilcelulose

O carboximetilcelulose (CMC) (E466) é um derivado da celulose solúvel em água (Figura 5). A alta capacidade de ligação à água permite ao CMC oferecer uma estabilidade excelente às emulsões sem que ocorra fase de separação (Hayati *et al.*, 2016).

Dependendo das condições de utilização, os derivados celulósicos podem ter diferentes funções tais como, aglomerante, espessante, estabilizador, agente de suspensão ou agente de retenção de humidade. Em alguns produtos alimentares é utilizado apenas uma função, enquanto que em outros podem utilizar-se várias funções ao mesmo tempo. As concentrações aplicadas são geralmente inferiores a 1%, e em alguns casos apenas é necessário 0.1-0.5% para obter os efeitos tecnológicos desejados.

O pH de uma solução com 1% de CMC encontra-se tipicamente na gama entre 7.0-8.0. O efeito do pH na viscosidade do CMC ao longo da gama entre 5-9 é praticamente inexistente. Com pH inferior a 3, a viscosidade pode aumentar, e eventualmente a precipitação da forma de ácido livre do CMC pode ocorrer. Consequentemente, gomas de celulose não devem ser usadas em sistemas alimentares altamente ácidos. Com valores de pH acima de 10, pode ocorrer uma ligeira diminuição da viscosidade. A viscosidade de soluções de CMC pode diminuir com o aumento da temperatura. Por exemplo, uma solução com uma viscosidade de 1000 mPas, a 20 °C, pode apenas ter uma viscosidade de cerca de 100 mPas, a 70 °C (Imeson, 1997).

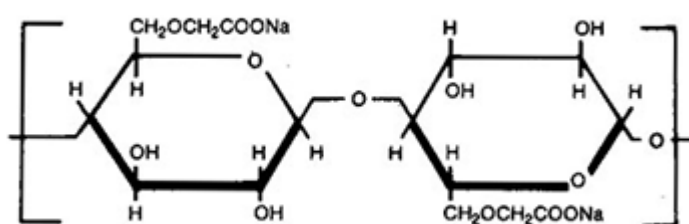


Figura 5 - Estrutura química do CMC (Imeson, 1997).

2.5.2 Goma de Alfarroba

A goma de alfarroba (E410) é um galactomanano obtido do endosperma da semente da alfarrobeira (*Ceratonia siliqua* L.). É vastamente usada como aditivo em várias indústrias tais como, alimentar, farmacêutica e têxtil. As aplicações industriais da goma de alfarroba são devido à sua capacidade em formar pontes de hidrogénio com as moléculas da água. Sendo também benéfica no controlo de alguns problemas de saúde tais como diabetes,

movimentos intestinais, doenças cardiovasculares e cancro do cólon, devido à ação das suas fibras dietéticas.

As características mais importantes desta goma, que a tornam bastante útil na indústria, é a capacidade em formar soluções aquosas muito viscosas em concentrações relativamente baixas, de estabilizar emulsões e de substituir a gordura em diversos produtos alimentares. A goma de alfarroba é adequada para muitas aplicações alimentares uma vez que proporciona uma sensação cremosa na boca. É classificada como GRAS (geralmente reconhecido como seguro) pela FDA.

Apresenta uma composição de galactomananos de cerca de 80%-85%(p/p) (Figura 6), uma humidade de 10%-12%(p/p), um conteúdo em proteína de 5%-6%(p/p), um teor de gordura de 0.5%-0.9%(p/p), um teor de fibra bruta 0.8%-1.0%(p/p) e um conteúdo em cinzas de 0.5%-1.0%(p/p).

Relativamente à sua solubilidade, é parcialmente solúvel em água fria e necessita de aquecimento para atingir a solubilidade máxima. Apresenta solubilidade em água de cerca de 70%-85% quando aquecida a 80 °C durante cerca de 30 minutos (Barak *et al.*, 2014).

É também compatível com outras gomas e agentes espessantes (carragenatos, agar, xantana) para formar um gel mais elástico e resistente (Blibech *et al.*, 2015).

As suas soluções são ligeiramente afetadas pelo pH, adição de iões e pelo aquecimento (Sittikijyothin *et al.*, 2005).

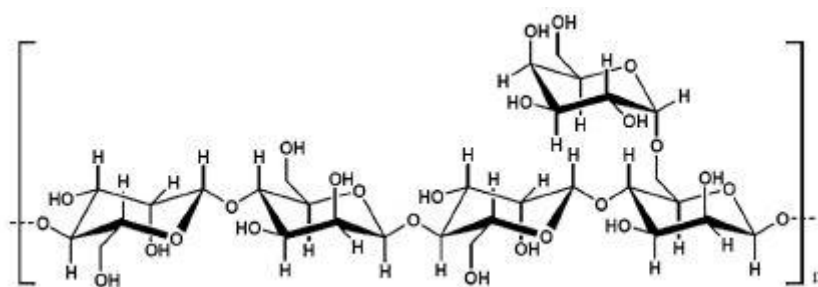


Figura 6 - Estrutura química da goma de Alfarroba (Barak *et al.*, 2014).

2.5.3 Pectina

Segundo o Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) a pectina (E440) consiste maioritariamente em ésteres metílicos parciais do ácido poligalacturónico e

respetivos sais de sódio, potássio, cálcio e amônio (Figura 7). É obtida por extração aquosa de frutas, usualmente citrinos e maçãs (JECFA, 2009).

A pectina é solúvel em água fria originando uma solução viscosa. Tal como outras gomas viscosas, necessita de agitação constante ao ser diluída na água; aglomerados de preparado podem facilmente ser revestidos por uma camada de gel o que os torna de difícil e lenta dissolução. Embora a pectina, ao contrário de outras gomas, é bastante estável sob condições ácidas, a sua estrutura química torna-a propensa a colapsar sob condições menos ácidas (pH de 5 ou acima), especialmente a altas temperaturas (Imeson, 1997).

É usada em vários alimentos como agente gelificante, espessante, emulsionante e estabilizante. A tradicional, e ainda predominante, utilização da pectina é no fabrico de geleias, gomas doces e compotas. Recentemente, tem sido usada como substituto da gordura e de edulcorantes em produtos com baixas calorias. (Rolin *et al.*, 1990; Thakur *et al.*, 1997).

É genericamente aceite que uma dieta rica em fibras seja benéfica para a saúde e a pectina é um importante componente de fibra solúvel de frutas e vegetais. Dessa forma há uma clara evidência que a pectina pode baixar os níveis de colesterol, os níveis de glicose sérica e pode também ter atividades anticancerígenas (Willats *et al.*, 2006).

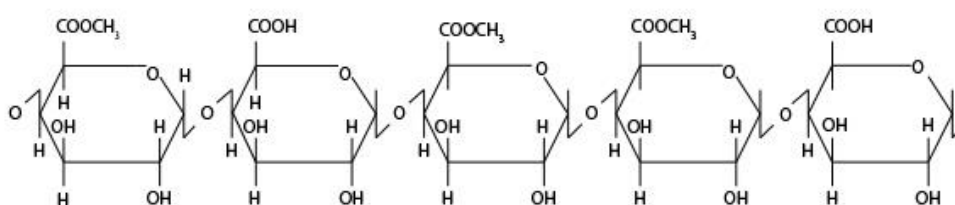


Figura 7 - Estrutura química da Pectina (Rolin *et al.*, 1990).

2.6 “Sem glúten”, “Sem lactose” e “Sem açúcar”

• “Sem glúten”

A doença celíaca é uma doença auto-imune que ocorre em indivíduos com predisposição genética causada pela permanente sensibilidade ao glúten. A ingestão de glúten, mesmo em pequenas quantidades, leva o organismo a desenvolver uma reação imunológica contra o próprio intestino delgado, provocando lesões na sua mucosa que se traduzem pela diminuição da capacidade de absorção dos nutrientes. A eliminação do glúten da

alimentação permite que o intestino regenere por completo da lesão e o organismo recupere.

Neste momento, o único tratamento para os pacientes celíacos é evitar ao longo da sua vida qualquer alimento, bebida, molho ou tempero que contenha glúten. O objetivo da indústria alimentar é produzir produtos semelhantes aos que já existem no mercado com glúten, mas sem glúten mantendo as mesmas propriedades organoléticas (O'Shea *et al.*, 2014).

Segundo o Regulamento (CE) n.º 41/2009, "glúten" é uma fração proteica de trigo, centeio, cevada, aveia ou suas variedades cruzadas e respetivos derivados, a que algumas pessoas são intolerantes e que é insolúvel em água e numa solução de cloreto de sódio a 0,5 M.

O facto de alguns cereais não serem consumidos por pessoas portadoras da doença celíaca, tais como o trigo, o centeio, a cevada, a aveia e o triticale, motivou o desenvolvimento de produtos alimentares sem glúten, utilizando, por exemplo, o milho e o arroz que não possuem glúten (Paiva, 2008).

O papel da aveia na dieta isenta de glúten permanece controverso. Alguns estudos apontam que a aveia possui também, mas em menor grau, glúten, mas outros afirmam o contrário, sugerindo que a ingestão da aveia é segura. Uma vez que esta é frequentemente plantada nos mesmo terrenos e processada nos mesmos equipamentos que outros cereais como o trigo ou o centeio, podendo ocorrer contaminação cruzada. Apenas a aveia indicada como sem glúten pode ser utilizada pelos doentes celíacos (APC, 2016).

- "Sem lactose"

A lactose é um dissacarídeo encontrado no leite dos mamíferos que é repartida nos seus constituintes monossacáridos, glucose e galactose, em parte do intestino delgado, pela enzima lactase antes da sua absorção (Lomer, 2015).

Indivíduos com intolerância à lactose encontram-se espalhados por todo o mundo e de forma a melhorar os seus sintomas, usualmente, evitam a ingestão de leite e de produtos lácteos. A lactose é um hidrato de carbono, unicamente presente no leite de mamíferos, 7,2 g/100 mL no leite humano adulto, e 4,7 g/100 mL no leite de vaca, mas é insignificante no leite de alguns mamíferos marinhos. Para a sua efetiva utilização, a lactose requer hidrólise por parte da enzima lactase e, durante a infância, fornece uma excelente fonte de energia num momento de rápido crescimento e desenvolvimento.

A sua má digestão ocorre quando a lactose não é absorvida pelo intestino delgado. Esta passa pelo trato gastrointestinal para o colon, onde, em alguns indivíduos, leva posteriormente a sintomas de intolerância.

A lactose é bastante utilizada em produtos alimentares e na indústria farmacêutica, como ingrediente em alimentos processados e como agente espessante. É menos doce do que a glucose, cerca de metade da doçura, e tem cerca de um sexto da doçura da sacarose. Não é facilmente fermentada por leveduras e, conseqüentemente, não leva à produção indesejada de dióxido de carbono e álcool quando usada como ingrediente em produtos alimentares. A lactose pode ser usada como agente de escurecimento, como por exemplo no pão, ou para adicionar textura e agregar água, como é o caso das carnes processadas tais como salsichas ou hambúrgueres. Pode também ser adicionada a frango processado e pode ser usada na produção de refrigerantes e cervejas *lager* (Lomer *et al.*, 2008).

- “Sem açúcar”

Normalmente as barras de cereais são elaboradas com açúcar refinado ou xarope de glucose, porém a ingestão frequente desses alimentos pode originar alguns problemas, como diminuição da imunidade, hipoglicemia, perda de cálcio e ansiedade, além de causar dependência (Gomes *et al.*, 2007).

A procura por alimentos nutritivos e seguros está a crescer mundialmente, e a ingestão de alimentos equilibrados é a maneira correta de evitar ou mesmo corrigir problemas de saúde, como: obesidade, diabetes, desnutrição, cardiopatias, entre outros que têm origem, em grande parte, nos erros alimentares (Gutkoski *et al.*, 2007).

Um aumento do interesse dos consumidores no impacto da sua dieta na saúde tem estimulado o mercado dos alimentos “saudáveis” que apresentam pouco açúcar, pouca gordura e baixo valor calórico, e tem levado a um aumento geral na procura de produtos sem adição de açúcar em alternativa aos produtos à base de açúcar (Seaman *et al.*, 1997).

As substâncias usadas para substituir a sacarose em produtos com poucas calorias denominam-se de polióis ou de frutose, de forma a fornecer principalmente volume, e edulcorantes intensos para proporcionar doçura (Zoulias *et al.*, 2002).

A Tabela 6 apresenta alguns trabalhos realizados em produtos sem glúten, sem lactose e sem açúcar adicionado, referindo o estudo em questão, os parâmetros analisados e algumas conclusões obtidas.

Tabela 6 - Estudos realizados, sem glúten ou sem açúcar adicionado, em produtos alimentares.

Estudo	Parâmetros Analisados	Conclusões Obtidas	Autores
Desenvolvimento, caracterização e análise quimiométrica de barra alimentícia sem glúten com farinha de amaranto	<p>Teor de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • humidade • cinzas • proteína • lípidos <p>Composição de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • cálcio • cobre • ferro • magnésio • manganês • zinco 	<p>Teor de proteína aumenta com o aumento da concentração de grãos na barra.</p> <p>Ao adicionar grãos como linhaça e amaranto estes contribuem para o aumento do teor de proteína, lípidos e minerais no produto.</p>	Pagamunici et al., 2014
Curvas de sorção de humidade de barras de cereais com frutas e frutos secos preparadas com açúcar e substitutos de açúcar (sorbitol, maltitol e nutríose)	<p>Teor de humidade</p> <p>Análise textura (dureza)</p> <p>Análise Sensorial (análise descritiva quantitativa)</p>	<p>Teor de humidade aumenta nas barras sem adição de açúcar com a_w acima de 0.6</p> <p>As barras sem açúcar adicionado são mais estáveis uma vez que o equilíbrio de humidade relativa é mais semelhante ao das condições de ambiente normais.</p>	Pallavi et al. 2013
Aplicação de edulcorantes naturais (tagatose, stévia e frutanos) e artificiais (acesulfame-k, aspartame) de alta intensidade e agentes espessantes (polióis) como substitutos de açúcares em produtos doces de padaria e os seus efeitos nas características dos produtos	<p>Funções tecnológicas</p> <p>Dogura relativa</p> <p>Aplicações em produtos de confeitaria</p>	<p>Os edulcorantes de alta intensidade têm um nível de doçura superior quando comparados com a sacarose, mas carência na contribuição para o corpo do produto, enquanto a substituição da sacarose por agentes espessantes pode resultar em produtos com um corpo semelhante, mas com falta de sabor e aroma.</p>	Struck, et al. 2014
Formulação de snacks extrudidos: otimização do nível de ingredientes utilizando metodologia de superfície de resposta	<p>Análise do efeito da adição de farinha de milho, de farinha de feijão mungo, de goma xantana, goma guar, goma arábica e carboximetilcelulose (CMC) nos atributos sensoriais (e na razão de expansão do <i>snack</i> extrudido</p>	<p>As respostas foram mais afetadas pelas alterações nos níveis de farinha de milho, de farinha de feijão mungo e de goma guar, e em menor extensão pelos níveis de goma xantana, goma arábica e CMC.</p>	Thakur, S. & Saxena, D.C. 2000
Efeitos de hidrocolóides na reologia da massa e nos parâmetros de qualidade de pão em formulações sem glúten	<p>Estudos reológicos por medições de deformação e de oscilações</p>	<p>Elasticidade e resistência à deformação das formulações de massas seguem a ordem de xantana > CMC > pectina > agarose > β-glucano</p> <p>CMC e pectina foram os melhores hidrocolóides para melhorar o pão. Resultou num pão com um aumento significativo de volume e altos valores de porosidade do miolo e elasticidade.</p>	Lazaridou et al. 2006
Entender o efeito do açúcar e de substitutos de açúcar em bolachas de massa <i>short</i>	<p>Elasticidade da massa</p> <p>Análise de textura das bolachas</p>	<p>Massas de bolacha com elevada substituição de sacarose por eritritol mostraram maior elasticidade do que aquelas com sacarose ou maltitol</p> <p>Em termos de textura o maltitol é semelhante à sacarose.</p>	Laguna et al. 2012

2.7 As barras de cereais e o consumidor

O mercado das barras de cereais, encontra-se em pleno desenvolvimento, não só por se tratar de uma novidade recente, mas também por apresentar opções rápidas, fáceis e eficazes para consumir a qualquer hora e em qualquer lugar. Por outro lado, respondem à crescente preocupação dos consumidores com a manutenção da linha e com o bem-estar.

Nesta categoria, em plena fase de crescimento e desenvolvimento, tem-se uma tipologia de consumidor cada vez mais dinâmico, cada vez com menos tempo, mas, ao mesmo tempo, cada vez mais preocupado com a sua alimentação e com os produtos que consome. O sabor/prazer, associado ao carácter prático e à conveniência, são componentes essenciais na escolha destes produtos. A estas junta-se a variável nutricional, traduzida na preocupação de ajudar a manter a linha (AEP, 2009).

De acordo com os dados do estudo Target Group Index (TGI) da *Marktest (TGI, 2016)*, são mais de 2.3 milhões os consumidores de barras de cereais em Portugal. O estudo quantifica, na vaga global de 2015, em 2 305 mil o número de indivíduos que consumiram barras de cereais nos últimos 12 meses, o que representa 26,9% dos residentes no continente com 15 e mais anos (Figura 8).

Consumo de BARRAS de CEREAIS
nos últimos 12 meses
Vaga global de 2015

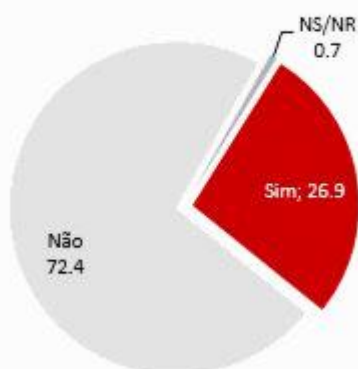


Figura 8 - Variação do consumo de barras de cereais em Portugal no ano de 2015, de acordo com a fonte: *Marktest, TGI (TGI, 2016)*.

O consumo deste produto é segmentado sobretudo pela idade. Enquanto 39,8% dos indivíduos entre os 15 e os 24 anos refere consumir barras de cereais, esse valor desce para 28,8% entre os indivíduos entre os 45 e os 64 anos e não ultrapassa 13,4% junto dos indivíduos com mais de 65 anos. Por género também se observa uma diferenciação

relevante: o consumo deste tipo de produto é de 30,5% nas mulheres e não vai além de 22,9% nos homens. Observando os dados por classe social, verifica-se que a maior penetração do consumo de barras de cereais é junto dos indivíduos das classes sociais mais elevadas. Por região verifica-se menos diferenças, sendo, no entanto, os residentes na Grande Lisboa os que apresentam maior percentagem de consumo (Grupo Marktest, 2016). A Tabela 7 apresenta algumas das barras de cereais, que é possível encontrar no mercado português, indicando aspetos nutricionais apresentados na embalagem, a sua composição e respetivo preço.

Pode se constatar que o ingrediente maioritário e comum a praticamente todos os produtos são os flocos de aveia e que quase todas as barras possuem na sua constituição edulcorantes, sendo o mais usado o xarope de glucose.

É possível verificar que não existe atualmente nenhuma barra que consiga conciliar a ausência de glúten, lactose e açúcar na sua composição.

Tabela 7 - Barras de cereais presentes no mercado em Portugal sem glúten, sem lactose ou sem açúcar adicionado.

Marca	Aspetos nutricionais	Formulação	Preço
Continente – Maça e Alperce	Fonte de Fibra	Cereais (43.5%) (flocos de aveia, farinha de trigo), xarope de glucose, frutos (13.6%) preparado de uvas passas, alperces (4.6%), maçã desidratada (3.3%), óleo de palma, estabilizante (E420), açúcar, dextrose, caramelo, sal, aroma, emulsionante (E473).	0.18€ cada barra de 21 g
Continente – Granola Barritas com aveia e mel	Alto teor em Fibra	Flocos de aveia (64%), açúcar, óleo de girassol, mel (3.2%), levedante (E500), sal, emulsionante (E322), melão de cana.	0.28€ cada barra de 21 g
Hero – Light de Avelãs	Sem açúcar adicionado	Edulcorantes: maltitol, flocos de cereais integrais tostados 25% (aveia, cevada e trigo), trigo integral crocante (farinha integral crocante (farinha integral de trigo 14% glúten de trigo e malte de cevada), avelãs tostadas 10%, flocos de milho 10%, óleo de coco, flocos de coco tostados, estabilizante (glicerina), sal, emulsionante (lecitina de girassol) e aromas naturais.	0.39€ cada barra de 20 g
Jordans – FRUSLI frutos vermelhos	Aveia integral	Aveia integral (33%), pedaços de fruta (morangos e arandos vermelhos (20%)), (açúcar, arandos vermelhos (6%)), sumo de arandos azuis (0.5%), sumo concentrado de uva, aromas naturais), uva-passa (5%), pedaços de morango e framboesas (0.5%), (farinha de milho, puré de framboesas, puré de morangos)), xarope de glucose, farinha de aveia integral, açúcar, mel, óleo vegetal (óleo de colza, óleo de palma), farinha de arroz, amêndoas laminadas, aroma natural.	0.78€ cada barra de 30 g
Auchan – Bio Barra com Chocolate	Ingredientes provenientes de agricultura biológica	Cereais* 43,9% [cereais tufados* (farinha de trigo*, farinha de arroz*, farinha de cevada* maltada, açúcar*, farinha de milho*, sal marinho), flocos de aveia*, flocos de milho*], xarope de glucose*, pepitas de chocolate* 12% (açúcar de cana*, pasta de cacau*, manteiga de cacau*), açúcar de cana*, gordura de palma*, cacau magro*, aroma natural. *biológicos.	0.29€ cada barra de 20 g
Auchan – Barra com pepitas de chocolate	Sem Glúten	Flocos de arroz e milho tufados (arroz, açúcar, farinha de milho, sal), xarope de glucose, chocolate preto 10% (açúcar, pasta de cacau, manteiga de cacau, emulsionante: lecitinas (soja), extrato de baunilha), pepitas de chocolate preto 5% (açúcar, pasta de cacau, manteiga de cacau, emulsionante: lecitinas (soja), aroma), açúcar, inulina, gordura de palma, humedificantes: sorbitol, glicerol; agente de revestimento: goma de acácia, emulsionante: lecitinas (soja), sal, levedante: carbonatos de sódio, aroma.	0.50€ cada barra de 22 g

3 Materiais e Métodos

Neste capítulo encontram-se descritas as matérias-primas utilizadas, o processo produtivo utilizado, bem como o planeamento experimental e os métodos analíticos efetuados neste trabalho.

O presente estudo encontra-se dividido em duas partes, a parte I na qual se estudaram as condições operacionais de secagem e a parte II, que consistiu no planeamento experimental, pelo método de *Taguchi*.

3.1 Matérias-primas

Das diferentes matérias-primas utilizadas durante o processamento, as seguintes foram gentilmente cedidas pela empresa Drops Nazaré: arroz extrudido (Rice Crispies small type "R" 4-6, Brenntag Portugal), flocos de aveia (Flocos de aveia baby, Brenntag Portugal), sementes de linhaça castanha (Linseed brown, Brenntag Portugal) e sementes de sésamo brancas (Hulled Sesame Seed CSR2, Brenntag Portugal), lecitina de girassol (Giralec, Lasenor), óleo de girassol (Refined Sunflower Oil, Azeol), stevia (Roquette Laisa Espana, SA), maltodextrina (Roquette Laisa Espana, SA), xarope de maltitol (Roquette Laisa Espana, SA) e manitol (Roquette Laisa Espana, SA). O cloreto de sódio (Vatel) foi adquirido no mercado local. A goma de alfarroba, a pectina e a carboximetilcelulose foram adquiridas às empresas Sosa e FormuLab, respetivamente.

3.2 Parte I – Estudo do efeito da temperatura de secagem nas propriedades de textura

Inicialmente foi feita a seleção das matérias-primas a utilizar na formulação das barras. Nesta seleção consideraram-se as matérias-primas que a empresa tinha disponíveis e que garantiam ausência de glúten e lactose. Fez-se um levantamento também dos adoçantes que são utilizados nas barras de cereais e que também são permitidos segundo o Regulamento (CE) nº 1333/2008. Desta forma, e após diversos ensaios preliminares, os quais foram avaliados visualmente, obteve-se a formulação descrita na Tabela 8.

Tabela 8 - Formulação da barra de cereais na parte I.

Matéria-prima	Quantidade (%(p/p))
Flocos de aveia	15,15
Arroz extrudido	15,38
Sementes de linhaça	8,00
Sementes de sésamo	8,00
Lecitina de girassol	0,5
Óleo de girassol	6,00
Sal	0,2
Água	20,00
Goma de alfarroba	0,5
Stevia	0,03
Maltodextrina	7,36
Manitol	6,00
Xarope de maltitol	12,88
Total de agentes ligantes	39,4

Submeteram-se as barras a três temperaturas de secagem diferentes 50 °C, 60 °C e 70 °C durante diferentes períodos de tempo. Uma etapa importante no processo produtivo das barras de cereais e determinante nas propriedades de textura deste tipo de produto é a secagem. Prosseguiu-se o trabalho com o estudo do efeito da temperatura e do tempo de secagem nas barras. Para tal e de forma a otimizar as condições operacionais, posteriormente, realizou-se a análise à textura, às propriedades sensoriais, ao teor de humidade e à atividade da água das barras (Subcapítulo 3.4).

- Fluxograma do processo produtivo – Parte I

Na Figura 9 encontra-se descrito o fluxograma de processo produtivo das barras de cereais na parte I do trabalho.

De acordo com o fluxograma da Figura 9 o processo produtivo inicia com a pesagem das matérias-primas e aditivos, seguindo-se um aquecimento em banho termostático da lecitina de girassol com o óleo de girassol e com o cloreto de sódio, da água com a goma de alfarroba, e da stevia com a maltodextrina, o manitol e o xarope de maltitol, e a sua posterior mistura. Esta mistura foi depois homogeneizada e adicionada aos flocos de arroz, de aveia e às sementes de linhaça e de sésamo.

Seguiu-se uma fase de moldagem da massa em retângulos de aproximadamente 9 cm x 3 cm e colocação dos mesmos em tabuleiros de aço inoxidável, forrados com papel de alumínio, para consequente colocação destes em estufa (Ehret) para secagem. Após cumprimento do tempo necessário em estufa, as barras foram colocadas em arrefecimento para posterior embalagem e análise. Foram retiradas amostras nos tempos 0, 2, 4, 6, 8 e 24 horas de secagem. De referir que a análise sensorial e a análise à textura só foram realizadas às amostras 4, 6, 8 e 24 horas.

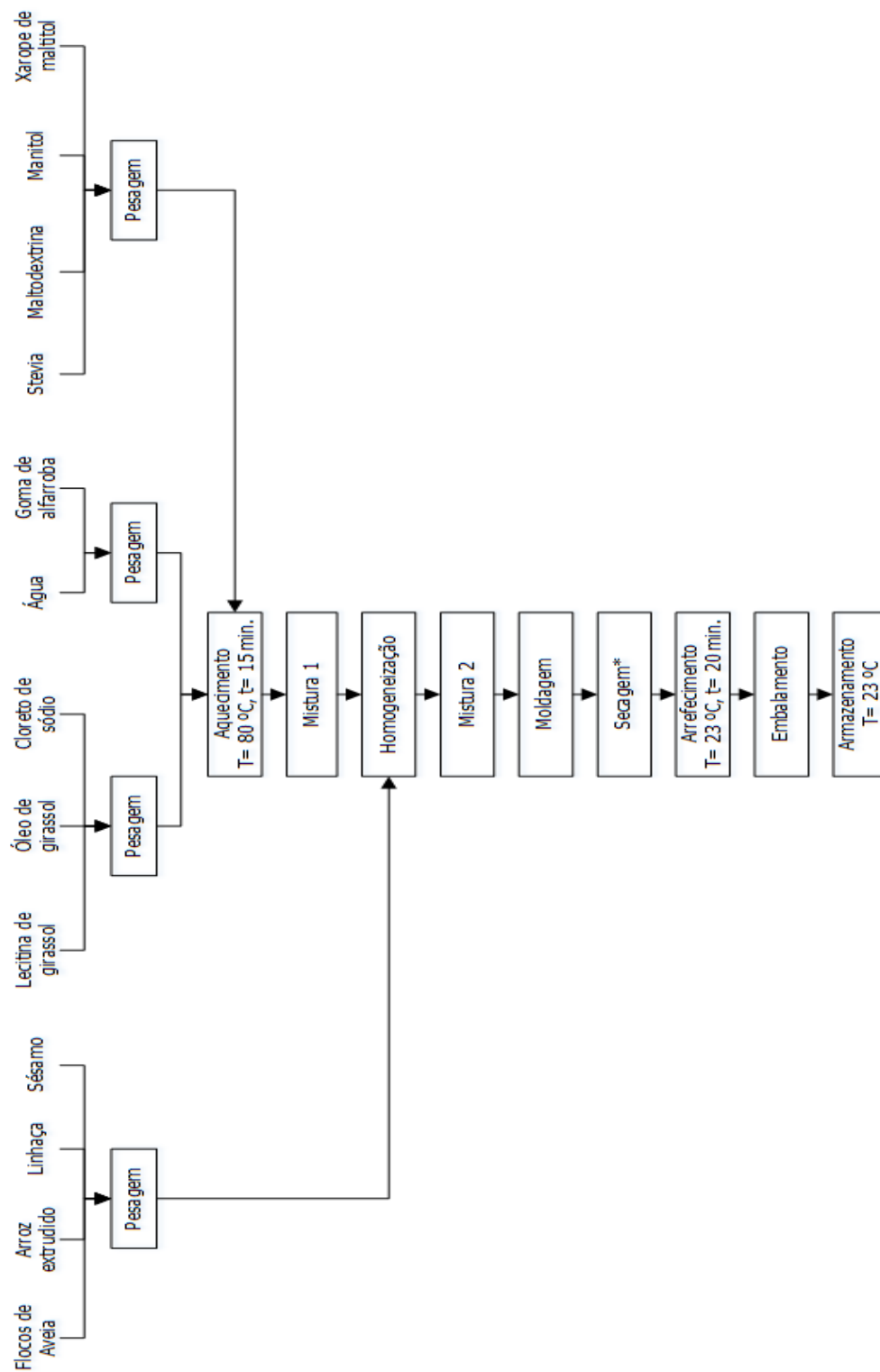


Figura 9 - Fluxograma de produção da parte I.
(*) Na etapa de secagem usaram-se três temperaturas diferentes (50, 60 e 70 °C) e seis tempos diferentes para cada temperatura (0, 2, 4, 6, 8 e 24 h).

3.3 Parte II – Estudo do efeito da adição de hidrocolóides e de temperatura

Nesta parte do trabalho estudou-se o efeito dos hidrocolóides, CMC, pectina e goma de alfarroba, nas propriedades das barras de cereais. Realizou-se um planeamento experimental através do método fracionário fatorial (método de *Taguchi*) com 4 fatores (goma de alfarroba, pectina, CMC e temperatura), em 3 níveis cada: 0%, 0,05% e 0,1% para os hidrocolóides e 20 °C, 60 °C e 70 °C para a temperatura. A Tabela 9 apresenta os diferentes ensaios realizados, as percentagens utilizadas de cada hidrocolóide e as diferentes temperaturas utilizadas.

Tabela 9 - Níveis e fatores do planeamento experimental.

Nível	Alfarroba	Pectina	CMC	Temperatura
1	0	0	0	20
2	0,05	0,05	0,05	70
3	0,1	0,1	0,1	60

Na Tabela 10 encontra-se o planeamento experimental de acordo com o método de *Taguchi* (tal como gerado pelo programa Qualitek-4).

Tabela 10 - Planeamento experimental.

Ensaio	Alfarroba (1)	Pectina (2)	CMC (3)	Temperatura (4)
9	2	3	1	2
5	3	3	2	1
7	2	2	3	1
8	1	3	3	3
1	1	1	1	1
6	3	1	3	2
2	1	2	2	2
4	2	1	2	3
3	3	2	1	3

A Tabela 11 apresenta o planeamento experimental, com os respetivos valores reais.

Tabela 11 - Planeamento experimental para quatro fatores e três níveis, com os respetivos valores reais.

Ensaio	Alfarroba (1)	Pectina (2)	CMC (3)	Temperatura (4)
9	0,05	0,1	0	70
5	0,1	0,1	0,05	20
7	0,05	0,05	0,1	20
8	0	0,1	0,1	60
1	0	0	0	20
6	0,1	0	0,1	70
2	0	0,05	0,05	70
4	0,05	0	0,05	60
3	0,1	0,05	0	60

Nota: os ensaios estão dispostos pela ordem com que foram apresentados pelo programa do planeamento experimental.

Na Tabela 12 encontram-se as percentagens de cada matéria-prima e aditivos utilizados nos 9 ensaios que resultaram do planeamento experimental.

Para a obtenção do desenho experimental e análise dos respetivos resultados utilizou-se o programa Qualitek-4 – IBM/Compatible software for Automatic Design and Analysis of Taguchi Experiments, disponível em <http://nutek-us.com/wp-q4w.html>.

Tabela 12 - Formulações das barras de cereais na parte II.

Matéria-prima (%) (p/p)	Ensaio									
	9	5	7	8	1	6	2	4	3	
Flocos de aveia	14,55	14,45	14,5	14,5	14,7	14,5	14,6	14,7	14,7	
Aroz extrudido	15,08	15,08	15,08	15,08	15,08	15,08	15,08	15,08	15,08	
Sementes de linhaça	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Sementes de sésamo	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
Lecitina de girassol	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Cloreto de sódio	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
Pectina	0,1	0,1	0,05	0,1	0	0	0,05	0	0,05	
CMC	0	0,05	0,1	0,1	0	0,1	0,05	0,05	0	
Goma de alfarroba	0,05	0,1	0,05	0	0	0,1	0	0,05	0,1	
Maltodextrina	5,36	5,36	5,36	5,36	5,36	5,36	5,36	5,36	5,36	
Manitol	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Xarope de maltitol	44,16	44,16	44,16	44,16	44,16	44,16	44,16	44,16	44,16	
Total de agentes ligantes					44,66					

- Fluxograma do processo produtivo – Parte II

Na Figura 10 encontra-se descrito o fluxograma do processo produtivo das barras de cereais na parte II do trabalho.

De acordo com o fluxograma da Figura 10 o processo produtivo inicia com a pesagem das matérias-primas e aditivos, seguindo-se um aquecimento em banho termostático da lecitina de girassol, do cloreto de sódio, dos hidrocolóides, da maltodextrina, do manitol e do xarope de maltitol, e a sua posterior mistura. Esta mistura foi depois homogeneizada e adicionada aos flocos de arroz, de aveia e às sementes de linhaça e de sésamo, previamente colocadas no forno para ligeira torragem e libertação de aromas. Seguiu-se uma fase de moldagem da massa em retângulos de aproximadamente 9 cm x 3 cm e colocação dos mesmos em tabuleiros de aço inoxidável, forrados com papel de alumínio, para consequente colocação destes em estufa (Ehret) para secagem. Após cumprimento do tempo necessário em estufa, as barras foram colocadas em arrefecimento para posterior embalamento e análise.

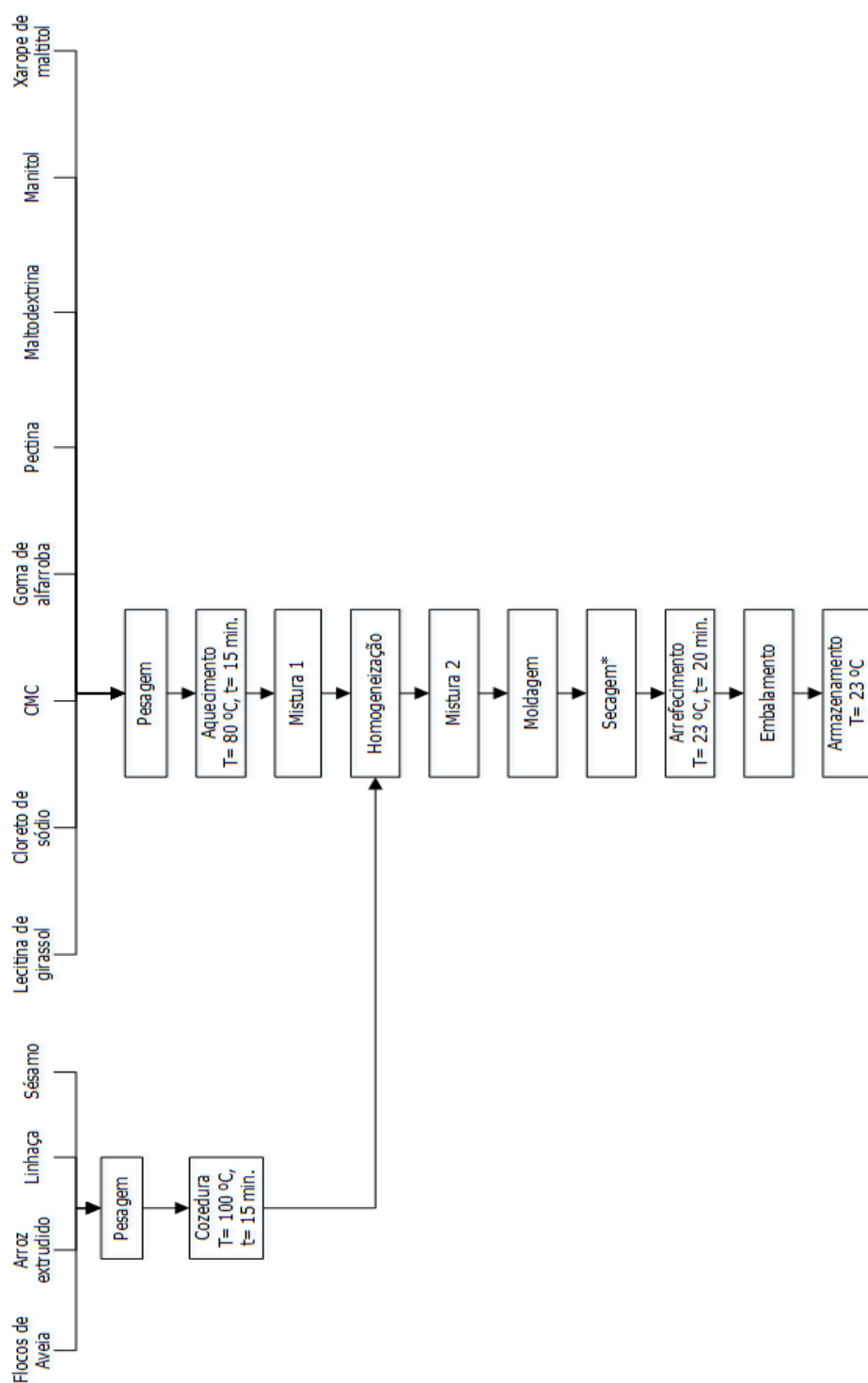


Figura 10 - Fluxograma de produção da parte II.
(*) Na etapa de secagem usaram-se três temperaturas diferentes (20, 60 e 70 °C) durante 4 h.

3.4 Métodos analíticos

Neste subcapítulo encontram-se descritos os métodos analíticos que foram utilizados para analisar as barras de cereais produzidas no trabalho.

3.4.1 Determinação da atividade da água (a_w)

A atividade da água foi determinada, em triplicado, utilizando um medidor da atividade da água portátil (Pawkit – Decagon Devices, Inc.).

3.4.2 Determinação do teor de humidade

O teor de humidade foi determinado segundo o método AOAC 925.10 (AOAC., 1995c). Foram colocados cerca de 3 g de cada amostra em estufa (Heraeus) a 130 °C, até peso constante. A análise foi realizada em triplicado e os resultados expressos em percentagem.

3.4.3 Determinação do teor de cinzas

O teor de cinzas foi determinado pelo método AOAC 935.39-B (AOAC., 1995a). Foram colocados cerca de 3 g de cada amostra em estufa (Heraeus) a 550 °C, até redução a cinzas. A análise foi realizada em triplicado e os resultados expressos em percentagem.

3.4.4 Determinação do teor de proteína

O teor de proteína foi determinado pelo método AOAC 935.39-C (AOAC., 1995b), através da técnica de *Kjeldahl*. A análise foi realizada utilizando um sistema de digestão (Buchi) e um de destilação (Vapodest – Gerhardt), tendo todas as amostras sido analisadas em triplicado.

A conversão do teor de azoto total em teor de proteína bruta foi determinada através do uso de um fator de conversão (6,25).

3.4.5 Determinação do teor de hidratos de carbono

O teor de hidratos de carbono foi determinado pelo método colorimétrico DNS, referido em *Analytical Chemistry of Foods* (James, 1995).

A análise foi realizada utilizando um espectrofotómetro (Varian Cary® 50 UV-Vis Spectrophotometer) com absorvância lida a 540 nm. A análise das amostras foi realizada em triplicado e o resultado expresso em percentagem.

3.4.6 Análise da textura

Segunda a Norma ISO (1992) textura é definida como “o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto, detetáveis pelos recetores mecânicos e táteis e, eventualmente pelos recetores visuais e auditivos”.

A textura das barras foi determinada utilizando um texturómetro (TA.XTplus – Stable Micro Systems™). Na parte I do trabalho utilizou-se a sonda *Mini 3 Point Bend Rig* (HDP/M3PB) para determinar a dureza das barras. As condições do teste foram: velocidade de teste de 4 mm/s e distância de 5 mm. Na parte II do trabalho utilizou-se a sonda *Cylinder Probe No. P/2* para determinar a dureza e adesividade, com a velocidade de teste de 0,5 mm/s e distância de 5 mm. Recorreu-se ainda à sonda *Mini 3 Point Bend Rig*, nas mesmas condições referidas anteriormente (parte I) para determinar a fraturabilidade. Para cada ensaio repetiu-se 15 vezes a análise à textura.

A Figura 11 representa um gráfico produzido pelo sistema operativo do texturómetro que apresenta os dados necessários para as posteriores análises de dureza, fraturabilidade e adesividade.

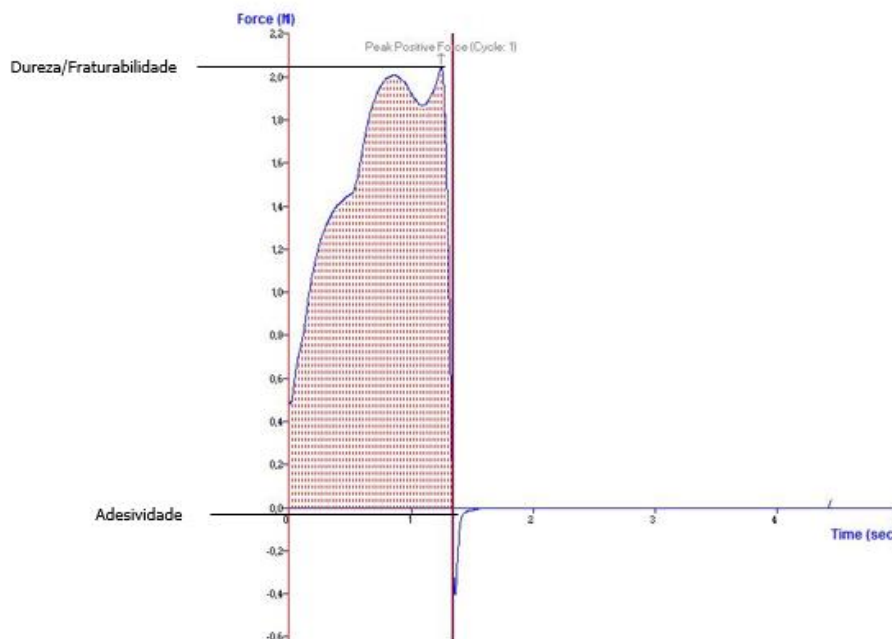


Figura 11 - Gráfico resultante de um ensaio de textura com a sonda Mini 3 Point Bend Rig (força vs tempo).

Os parâmetros de textura avaliados foram:

Dureza/fraturabilidade – força máxima aplicada na amostra durante a compressão. Expressa em (N).

Adesividade – Área negativa do gráfico após a compressão. Expressa em (N.s) (Kim *et al.*, 2009).

3.4.7 Microscopia de varrimento eletrónico (MVE)

De forma a estudar a morfologia das barras de cereais realizou-se um estudo da mesma através do uso de um microscópio de varrimento eletrónico (Hitachi SU1510) e do seu software, numa ampliação de x1000, a uma voltagem de 15.0 kV.

A MVE é um instrumento utilizado no apoio à investigação científica, bem como no desenvolvimento e controlo da qualidade de materiais. Os domínios de aplicação desta técnica estendem-se desde a caracterização microestrutural de amostras (metais, cerâmicos, compósitos, biomateriais, revestimentos) até às aplicações em geologia, medicina e biologia, caracterização de pós, etc., que eram geralmente estudados por métodos analíticos. A microscopia de varrimento eletrónico permite obter imagens semelhantes às que se podem obter por microscopia ótica de reflexão, mas numa gama de ampliação extraordinariamente superior (desde 10x até 18000x), com uma profundidade de campo de 30 μm .

O princípio de funcionamento baseia-se na incidência de um feixe de eletrões num ponto da superfície da amostra-alvo, e a subsequente recolha dos sinais eletrónicos emitidos pelo material-alvo. As amostras são percorridas sequencialmente por um feixe de eletrões acelerado por uma tensão que varia entre 0 e 40 kV, finamente focado através de um sistema de lentes eletromagnéticas. Da interação do feixe eletrónico com a amostra resulta a emissão de diversos tipos de radiação e eletrões, entre os quais eletrões secundários (ES) utilizados na formulação da imagem da amostra (com energias inferiores a 50 eV).

As amostras para poderem ser caracterizadas por microscopia eletrónica têm de satisfazer as seguintes condições: apresentar boa condutividade elétrica superficial (a não existência de condutividade superficial leva à necessidade de metalização, através da aplicação de um revestimento ultra-fino, de Au ou C); suportar o vácuo, a técnica MVE utiliza um feixe de eletrões (em vez da luz – utilizada na microscopia ótica), o que torna necessário a utilização

de vácuo; estabilidade física e química, nas condições de observação/ interação com o feixe eletromagnético (Faltermaier *et al.*, 2015; Monteiro, 2005).

As diferentes amostras usadas no estudo foram cortadas da barra de cereais, com cerca de 0,5 cm de espessura, de forma a proporcionarem a visualização da parte interna e externa da mesma.

3.4.8 Análise sensorial

Inicialmente procedeu-se a uma sessão de treino onde foi definida a folha de prova para fazer o levantamento dos principais atributos. Para tal recorreu-se a diferentes amostras de barras de cereais existentes no mercado e a uma formulação de barra produzida em laboratório. Foram também definidas escalas e âncoras verbais e respetivos padrões para cada atributo (Apêndice I – Folhas de prova).

Os atributos sensoriais avaliados na parte I foram: dureza, adesividade, gomosidade e crocância, avaliados numa escala de linha. Na parte II os atributos avaliados foram: dureza (ao toque e na boca), coesividade, crocância, mastigabilidade e gomosidade, avaliados numa escala de intensidade de 9 pontos (1 - intensidade mais baixa, 9 - intensidade mais alta). Em ambas as partes do trabalho foi realizado um teste de análise descritiva quantitativa (ADQ®) com painel semi-treinado de 5 provadores, na parte I, e com painel semi-treinado de 7 provadores, na parte II, segundo a Norma ISO 6658:2005.

3.4.9 Análise estatística

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente através de análise de variância (ANOVA) e do teste de *Tukey* ($p < 0,05$). Considerou-se um intervalo de 95% para diferenças estatisticamente significativas, $p < 0,05$. Na parte I procedeu-se a uma análise multivariada de análise de componentes principais (ACP) de forma a determinar correlações entre os parâmetros analisados. Na parte II foi estabelecido um modelo estatístico fatorial fracionado, método de *Taguchi*, através de um arranjo ortogonal L9, com 4 fatores e 3 níveis.

A análise estatística dos resultados obtidos foi realizada através do *software STATISTICA 7.0* (StatSoft, USA). O planeamento e análise através do método de Taguchi foi elaborado no *software Qualiteck-4* (Nutek, Bloomfield Hills, USA).

4 Resultados e Discussão

Este capítulo encontra-se dividido em duas partes: na primeira parte do trabalho, parte I, faz-se a análise dos resultados obtidos no estudo das condições operacionais, temperatura e tempo, de secagem das barras de cereais; na segunda parte, parte II, analisam-se os resultados obtidos a partir da realização do planeamento experimental com vista à otimização da formulação da barra de cereais.

4.1 Parte I

4.1.1 Atividade da água (a_w)

A água presente nos alimentos pode apresentar-se na forma de molécula livre ou ligada ao substrato. A atividade da água é um dos fatores intrínsecos dos alimentos e é uma medida qualitativa que possibilita avaliar a disponibilidade de água livre que é suscetível a diversas reações bioquímicas (Scott, 1957).

Os resultados da atividade da água, das barras de cereais, ao longo do tempo de secagem para as três temperaturas estudadas encontram-se na Figura 12.

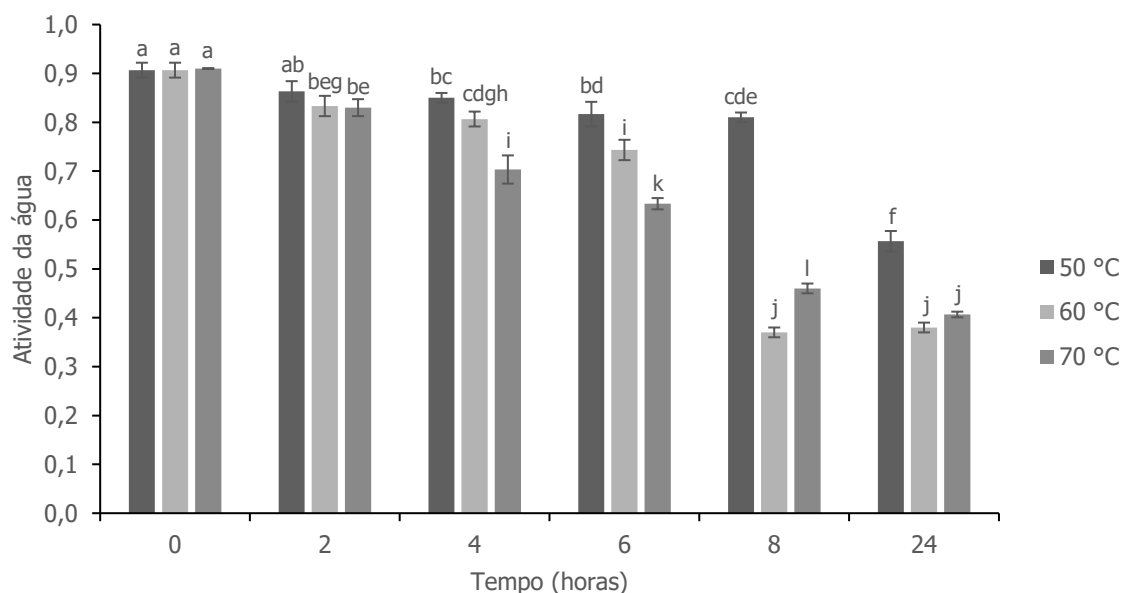


Figura 12 - Variação da atividade da água, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C). Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

De acordo com o representado na Figura 12 verifica-se que a a_w diminuiu ao longo do tempo de secagem, sendo que, com o aumento da temperatura e, após 8 horas, esta diminuição é mais acentuada ($p < 0,05$), obtendo-se 0,89, 0,36 e 0,45 para 50 °C, 60 °C e 70 °C, respetivamente. De facto, em 8 horas de secagem, os valores de a_w diminuem, aproximadamente, 11%, 67% e 50%(p/p) para 50 °C, 60 °C e 70 °C, respetivamente. Após 24 horas de secagem, observa-se mais diminuição da a_w apenas com a temperatura de 50 °C, sendo o valor final de 0,56, no entanto ainda superior aos restantes ensaios.

Freitas *et al.* (2006) desenvolveram uma barra de cereais à base de proteína de soja texturizada, gérmen de trigo e aveia que apresentava valores de a_w (0,64) semelhantes aos obtidos neste estudo. Também Mendes *et al.* (2013) encontrou valores de a_w de 0,60 para barras de cereais elaboradas com cascas de maçã e papaia.

Tal como citado por Aramouni *et al.* (2011), a atividade da água tem um efeito acentuado em diversas reações químicas nos alimentos, assim como na taxa de crescimento microbiano. Os bolores e as leveduras desenvolvem-se para valores de atividade da água entre 0,7 e 0,8. Desta forma, e através dos resultados obtidos, existe a necessidade de submeter as barras de cereais durante um tempo de secagem igual ou superior a 8 horas, de forma a obter valores de a_w inferiores a 0,7.

4.1.2 Teor de Humidade

O teor de humidade é uma medida meramente quantitativa, medindo o percentual em peso, de toda a água presente no alimento, tanto livre quanto ligada (Scott, 1957). De acordo com Cecchi (2003), o valor normal para a percentagem de humidade nos cereais, pós-processamento, deve ser inferior a 10%(p/p).

Os resultados do teor de humidade, das barras de cereais, ao longo do tempo de secagem para as três temperaturas estudadas encontram-se na Figura 13.

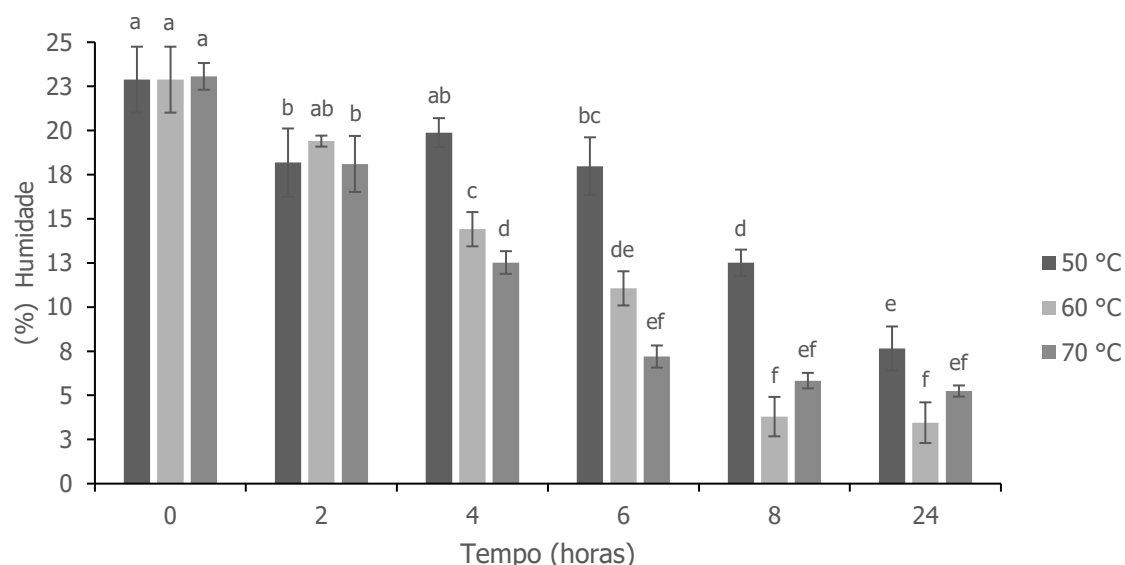


Figura 13 - Variação do teor de humidade, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C). Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Verifica-se que, de uma forma geral, a percentagem de humidade diminuiu ao longo do tempo de secagem, sendo este decréscimo mais acentuado quanto maior é a temperatura ($p<0,05$). Ao fim de 8 horas de secagem as barras de cereais apresentam um teor de humidade de 12,5%, 3,8% e 5,8%(p/p) para 50 °C, 60 °C e 70 °C, respetivamente. Sendo que, os valores encontrados para 60 °C e 70 °C não apresentam diferenças significativas entre eles ($p>0,05$). No final do estudo, após 24 horas, constata-se que nas temperaturas de 60 °C e 70 °C, a percentagem de humidade não diminui quando comparado com o tempo 8 horas ($p>0,05$). Pelo contrário, a temperatura de secagem de 50 °C incrementa a diminuição do teor de humidade em 38%(p/p), do tempo 8 horas para o tempo 24 horas de secagem ($p<0,05$).

Estes resultados estão de acordo com os valores encontrados por Garcia *et al.* (2012) e Estevez *et al.* (1995) em barras de cereais, 10% e 8,4%(p/p), respetivamente.

4.1.3 Textura

A textura é uma das características sensoriais mais importantes que determina a preferência do consumidor por um produto. Usualmente é avaliada por análise sensorial, mas uma vez que esta consome imenso tempo e é dispendiosa, são necessários métodos instrumentais práticos para prever com exatidão os atributos sensoriais de textura.

O teste *three-point bending* avalia as propriedades de fraturabilidade dos alimentos, sendo importante para perceber a textura do mesmo durante o movimento de mastigação. Este parâmetro é fundamental para a caracterização das barras de cereais (Kim *et al.*, 2009).

Na Figura 14 é possível observar o efeito da temperatura de secagem na dureza da barra de cereais ao longo do tempo. Verifica-se que a dureza aumenta ao longo do tempo até 8 horas de secagem ($p < 0,05$). Também se constata que este aumento é mais pronunciado quanto maior é a temperatura ($p < 0,05$). Os elevados valores de dureza podem ser explicados pela fase de secagem, onde as barras perdem água e tornam-se mais duras, aumentando a sua resistência a qualquer deformação. No entanto, após 24 horas de secagem verifica-se que a dureza diminui com a temperatura, mas estas não revelaram diferenças estatisticamente significativas entre si ($p > 0,05$). Esta diminuição da dureza, no caso das temperaturas superiores, está relacionada com a crocância da barra, que a torna mais quebradiça. Isto é, quanto maior for a crocância da barra menos dura esta aparenta ser.

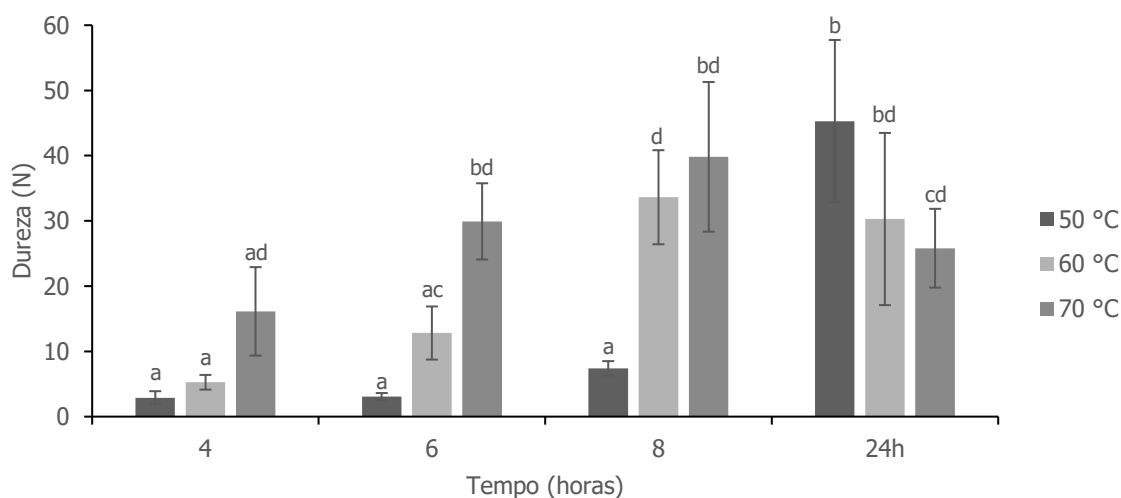


Figura 14 - Variação da textura, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C).

Valores médios \pm desvio padrão para $n=4$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4.1.4 Análise Sensorial

A Análise Descritiva Quantitativa (ADQ) é utilizada para compreender as qualidades sensoriais de um produto. Avalia todos os atributos sensoriais presentes no alimento tais

como: aparência, aroma, sabor e textura (Sampaio, 2009b). Os atributos em estudo foram: dureza, adesividade, gomosidade e crocância.

Os resultados da análise sensorial, das barras de cereais, ao longo do tempo de secagem para as três temperaturas estudadas encontram-se na Figura 15.

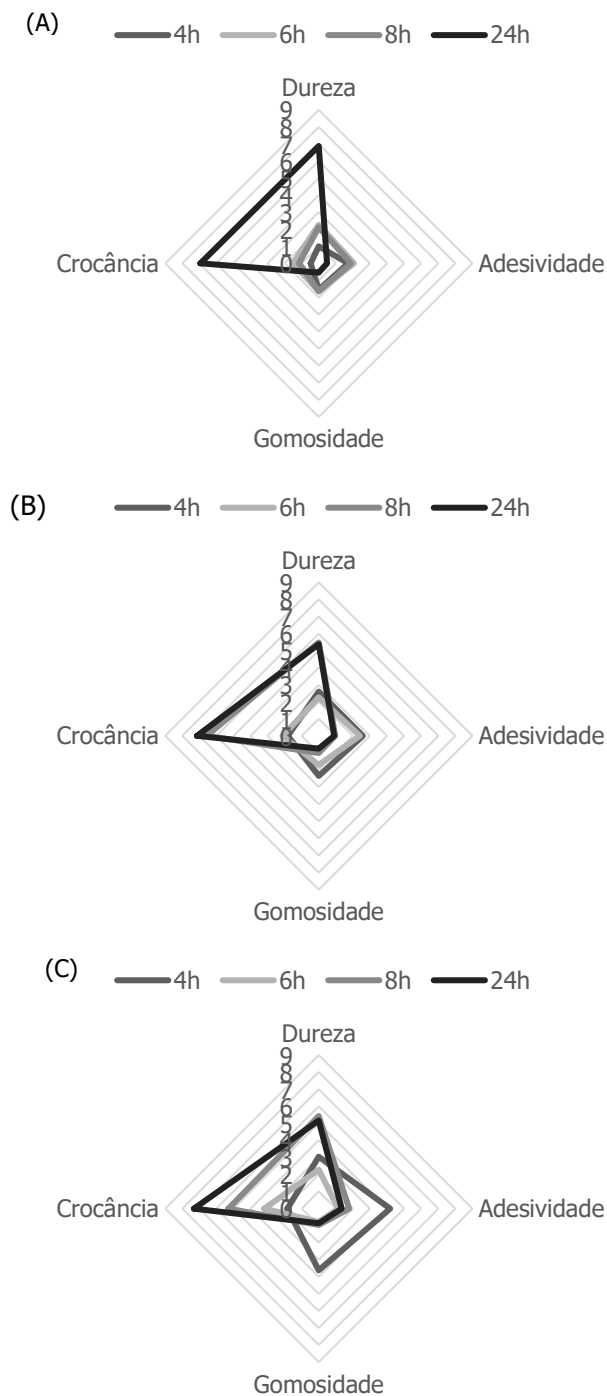


Figura 15 - Variação da análise sensorial, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (A) 50 °C, (B) 60 °C e (C) 70 °C. Valores médios \pm desvio padrão para $n=5$.

Através da Figura 15, e para qualquer um dos ensaios realizados, verifica-se que os atributos dureza e crocância aumentam ao longo do tempo de secagem ($p < 0,05$). Pelo contrário, a adesividade e a gomosidade diminuem ao longo do tempo ($p < 0,05$). Esta diferença é mais acentuada após 24 horas de secagem, na qual as barras apresentam intensidade de dureza bastante superior à dureza do tempo inicial, 4 horas. O ensaio com temperatura de 50 °C apresenta a variação de intensidade só após 24 horas, enquanto que nos restantes ensaios esta variação ocorre mais cedo, 8h e 6h para 60 °C e 70 °C, respetivamente. Este comportamento pode ser explicado pela diminuição do teor de humidade das barras durante a fase de secagem (Figura 13), fazendo com que estas ficassem mais duras e menos adesivas. Através dos gráficos da Figura 15, verifica-se ainda que a dureza e a crocância aumentam com o aumento da temperatura, já a adesividade e a gomosidade diminuem com o aumento da temperatura ($p < 0,05$).

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se que o painel considera a barra com secagem a uma temperatura de 50 °C mais dura relativamente às temperaturas de 60 °C e 70 °C. Estes resultados encontram-se de acordo com os resultados obtidos na análise da textura.

4.1.5 Análise multivariada

A partir da análise da Figura 16 verifica-se que as componentes principais 1 e 2 (CP 1 e CP 2), que são as mais importantes, representam aproximadamente 92% da variância dos resultados. A CP 1 representa a correlação direta existente entre as variáveis dureza, crocância e dureza (textura), negativamente correlacionadas com as variáveis a_w , humidade, adesividade e gomosidade. A CP 2 não apresenta correlação suficiente dos resultados e desta forma não é considerada para análise das variáveis.

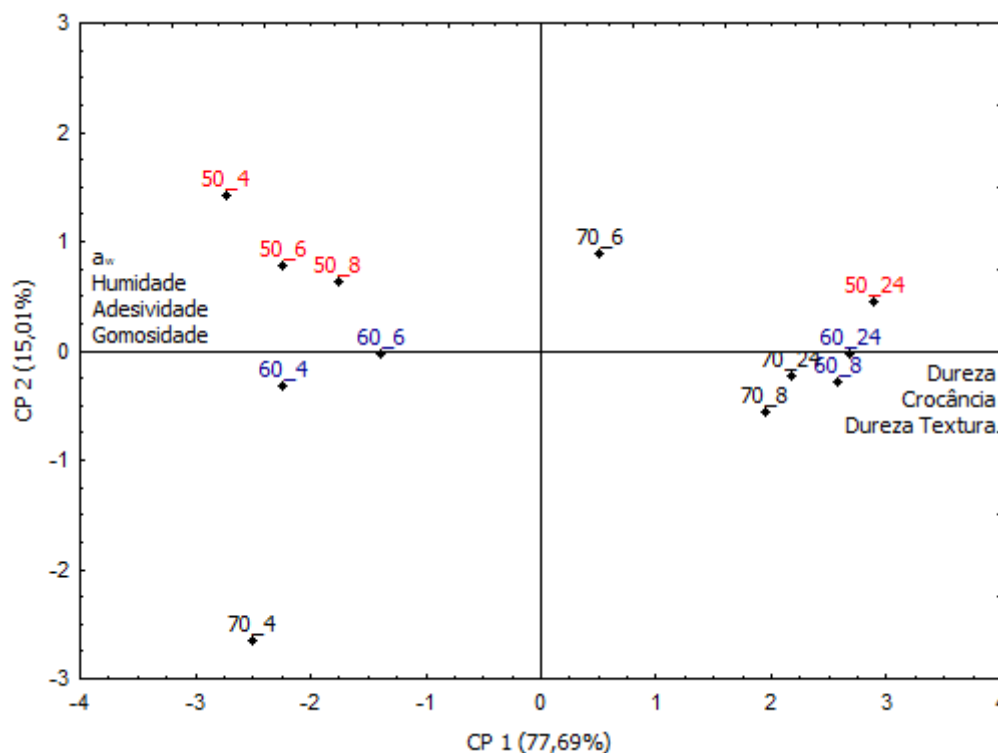


Figura 16 – Representação dos componentes principais (CP 1 vs CP 2) aplicado aos dados das análises físico-químicas, sensoriais e de textura das barras de cereais, ao longo do tempo (4, 6, 8 e 24 horas), para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C) com projeção dos casos (formulações).

Observando as correlações existentes pode-se dizer que as formulações com temperaturas mais elevadas (60 °C e 70 °C) e com mais tempo de estufa (8 e 24 horas) apresentam maior dureza e crocância sensorial, e maior dureza instrumental. Contrariamente, as amostras com temperaturas mais baixas e com menores tempos de estufa apresentam maior a_w , teor de humidade, adesividade e gomosidade. Desta forma, verifica-se que amostras com mais a_w , maior teor de humidade, adesividade e gomosidade apresentam menor dureza, crocância e dureza, medida instrumentalmente.

4.2 Parte II

Mediante os resultados obtidos na parte I do trabalho e após discussão destes com a empresa, decidiu-se fazer um planeamento experimental para otimizar a formulação. Para tal, incluíram-se os hidrocolóides para reforçar a agregação de todos os constituintes. A pedido da empresa também se introduziu a temperatura de 20 °C como variável a otimizar, uma vez que a empresa não pretende, neste momento, utilização de estufa no processo.

4.2.1 Atividade da água (a_w)

Os resultados da atividade da água, das barras de cereais, ao longo dos diferentes ensaios encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13 - Variação da atividade da água, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Ensaio	Alfarroba (1)	Pectina (2)	CMC (3)	Temperatura (4)	a_w
9	0,05	0,1	0	70	0,45 ^g \pm 0,04
5	0,1	0,1	0,05	20	0,65 ^{af} \pm 0,01
7	0,05	0,05	0,1	20	0,67 ^a \pm 0,01
8	0	0,1	0,1	60	0,57 ^{bef} \pm 0,01
1	0	0	0	20	0,66 ^a \pm 0,02
6	0,1	0	0,1	70	0,54 ^{beg} \pm 0,08
2	0	0,05	0,05	70	0,55 ^{bc} \pm 0,01
4	0,05	0	0,05	60	0,62 ^{acde} \pm 0,03
3	0,1	0,05	0	60	0,55 ^{bd} \pm 0,02

De acordo com a Tabela 13 observa-se que a a_w foi diminuindo com o aumento da temperatura de secagem ($p<0,05$), ou seja, as formulações que estiveram em estufa, a 20 °C, (ensaio 7, 1 e 5) apresentam a_w maior do que as barras que estiveram a 70 °C (ensaio 2, 6 e 9). Quanto ao efeito dos hidrocolóides e respectivas sinergias, pode-se dizer que não existem diferenças significativas entre os ensaios, apresentando valores de a_w muito semelhantes ($p>0,05$).

Os resultados obtidos de a_w são semelhantes aos encontrados por Garcia *et al.* (2012) e Estevez *et al.* (1995) em barras de cereais realizadas com farelo de arroz torrado, aveia e gérmen de trigo, respetivamente, sendo estes valores de aproximadamente 0,5.

4.2.2 Teor de Humidade

Na Tabela 14 é possível observar os resultados do teor de humidade, das barras de cereais, ao longo dos diferentes ensaios.

Tabela 14 - Variação do teor de humidade, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Ensaio	Alfarroba (1)	Pectina (2)	CMC (3)	Temperatura (4)	(%(p/p)) Humidade
9	0,05	0,1	0	70	5,34 ^c \pm 0,66
5	0,1	0,1	0,05	20	7,60 ^a \pm 0,19
7	0,05	0,05	0,1	20	7,39 ^a \pm 0,42
8	0	0,1	0,1	60	8,08 ^a \pm 0,26
1	0	0	0	20	8,16 ^a \pm 0,02
6	0,1	0	0,1	70	6,08 ^{bc} \pm 0,11
2	0	0,05	0,05	70	6,33 ^b \pm 0,12
4	0,05	0	0,05	60	7,84 ^a \pm 0,14
3	0,1	0,05	0	60	7,40 ^a \pm 0,15

De acordo com a tabela apresentada observa-se que o teor de humidade diminui nos ensaios com 70 °C ($p<0,05$) (ensaio, 9, 6 e 2). De facto, a temperatura é a única variável para a qual existem diferenças significativas. Pelo contrário, os ensaios com diferentes tipos e concentrações de hidrocolóides não surtem diferenças significativas no teor de humidade ($p>0,05$), o qual varia entre 5,3% e 8,2%(p/p).

Autores como Covino *et al.* (2015) e Guimarães *et al.* (2009) apresentam valores de humidade para as barras de cereais relativamente superiores aos encontrados neste estudo, entre 8,76% e 10,43%(p/p) e, entre 9,39% e 11,63%(p/p), respetivamente.

4.2.3 Teor de Cinzas

A cinza de um alimento é o resíduo inorgânico que permanece após a queima da matéria orgânica, que é transformada em CO₂, H₂O e NO₂. A cinza obtida não tem necessariamente a mesma composição que a matéria mineral presente originalmente no alimento, pois pode haver perda por volatilização ou alguma interação entre os constituintes da amostra. O conteúdo de cinzas totais para cereais varia entre 0,3% e 3,3%(p/p) (Cecchi, 2003).

Os resultados do teor de cinzas, das barras de cereais, para os diferentes ensaios, encontram-se na Tabela 15.

Tabela 15 - Variação do teor de cinzas, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Ensaíos	Alfarroba (1)	Pectina (2)	CMC (3)	Temperatura (4)	(%(p/p)) Cinzas
9	0,05	0,1	0	70	1,02 ^a \pm 0,05
5	0,1	0,1	0,05	20	0,95 ^a \pm 0,05
7	0,05	0,05	0,1	20	0,98 ^a \pm 0,07
8	0	0,1	0,1	60	1,05 ^a \pm 0,06
1	0	0	0	20	0,97 ^a \pm 0,03
6	0,1	0	0,1	70	0,98 ^a \pm 0,02
2	0	0,05	0,05	70	1,01 ^a \pm 0,09
4	0,05	0	0,05	60	0,98 ^a \pm 0,01
3	0,1	0,05	0	60	0,99 ^a \pm 0,01

Verifica-se que, apesar da variação dos níveis de algumas matérias-primas e das temperaturas de secagem, estas não causaram nenhuma alteração no teor de cinzas das barras de cereais ($p>0,05$). O teor de cinzas destas barras é, aproximadamente, cerca de $1 \pm 0,04\%(p/p)$.

Covino *et al.* (2015) desenvolveu barras de cereais com aveia e flocos de arroz que apresentavam teores de cinzas de aproximadamente 1%-2%(p/p), tal como Guimarães *et al.* (2009) em barras de cereais com flocos de arroz e sementes de linhaça.

4.2.4 Teor de Proteína

A qualidade nutricional da proteína é determinada pelas proporções de aminoácidos essenciais. Uma vez que estes não são sintetizados por animais, devem ser incluídos na dieta humana. O conteúdo de aminoácidos em grãos de cereais é maioritariamente determinado pelos endospermas amiláceos, que tipicamente contém por volta de 80% do peso seco do grão, armazenando amido e proteínas (Shewry, 2007).

Os resultados do teor de proteína, das barras de cereais, ao longo dos diferentes ensaios, encontram-se na Tabela 16.

Tabela 16 - Variação do teor de proteína, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Ensaio	Alfarroba (1)	Pectina (2)	CMC (3)	Temperatura (4)	(%(p/p)) Proteína
9	0,05	0,1	0	70	7,24 ^a \pm 0,33
5	0,1	0,1	0,05	20	6,35 ^a \pm 0,86
7	0,05	0,05	0,1	20	7,76 ^a \pm 0,14
8	0	0,1	0,1	60	6,47 ^a \pm 0,23
1	0	0	0	20	7,66 ^a \pm 0,61
6	0,1	0	0,1	70	6,5 ^a \pm 0,24
2	0	0,05	0,05	70	7,08 ^a \pm 0,36
4	0,05	0	0,05	60	6,90 ^a \pm 0,51
3	0,1	0,05	0	60	7,99 ^a \pm 0,66

Verifica-se que, a variação dos hidrocolóides, da respetiva percentagem e da temperatura de secagem, não tiveram qualquer influência no teor de proteína das barras de cereais ($p>0,05$). Aproximadamente o teor de proteína destas barras é de cerca de $7,1 \pm 0,44\%(p/p)$.

O valor obtido de proteína encontra-se de acordo com o observado por Guimarães *et al.* (2009) em barras de cereais com fruta adicionada, aproximadamente $7\%(p/p)$.

4.2.5 Teor de Hidratos de Carbono

De acordo com os princípios de uma boa nutrição, a principal fonte de energia é proveniente dos hidratos de carbono (50% a 70%), especialmente dos hidratos de carbono complexos (a percentagem de energia de açúcares simples não deve ser superior a 10-12%) (Majewski *et al.*, 2016).

Os resultados do teor de hidratos de carbono, das barras de cereais, para os diferentes ensaios, encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17 - Variação do teor de hidratos de carbono, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=2$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Ensaio	Alfarroba (1)	Pectina (2)	CMC (3)	Temperatura (4)	(%(p/p)) Hidratos de Carbono
9	0,05	0,1	0	70	37,96 ^{bc} \pm 0,49
5	0,1	0,1	0,05	20	39,65 ^{ab} \pm 0,20
7	0,05	0,05	0,1	20	36,3 ^b \pm 0,16
8	0	0,1	0,1	60	41,32 ^{ac} \pm 0,90
1	0	0	0	20	42,59 ^a \pm 0,73
6	0,1	0	0,1	70	36,1 ^b \pm 2,35
2	0	0,05	0,05	70	44,84 ^a \pm 0,41
4	0,05	0	0,05	60	42,23 ^a \pm 1,04
3	0,1	0,05	0	60	42,55 ^a \pm 0,83

Ao observar a Tabela 17 verifica-se que o teor de hidratos de carbono é semelhante nos ensaios com 60 °C ($p>0,05$), apresentando diferenças quando comparado com os ensaios com 20 °C e 70 °C ($p<0,05$). Nos restantes ensaios não se observam diferenças de relevância. Covino *et al.* (2015) e Estevez *et al.* (1995) obtiveram teores de hidratos de carbono em barras de cereais superiores aos do presente trabalho, cerca de 50%(p/p). De referir que este valor depende do tipo de matéria-prima utilizada.

4.2.6 Textura

O teste de perfuração é um dos mais simples e mais frequentemente usado para analisar a dureza de um produto alimentar. Este teste avalia a força necessária para perfurar um alimento, dando uma combinação de ambas as forças de cisalhamento e de compressão, e é expectável que se relacione com a força exigida na primeira dentada no alimento (Kim *et al.*, 2009).

Os resultados obtidos na análise da textura das barras de cereais, adesividade, dureza e fraturabilidade, para os diferentes ensaios, encontram-se nas Figura 17 (A), (B) e (C), respetivamente.

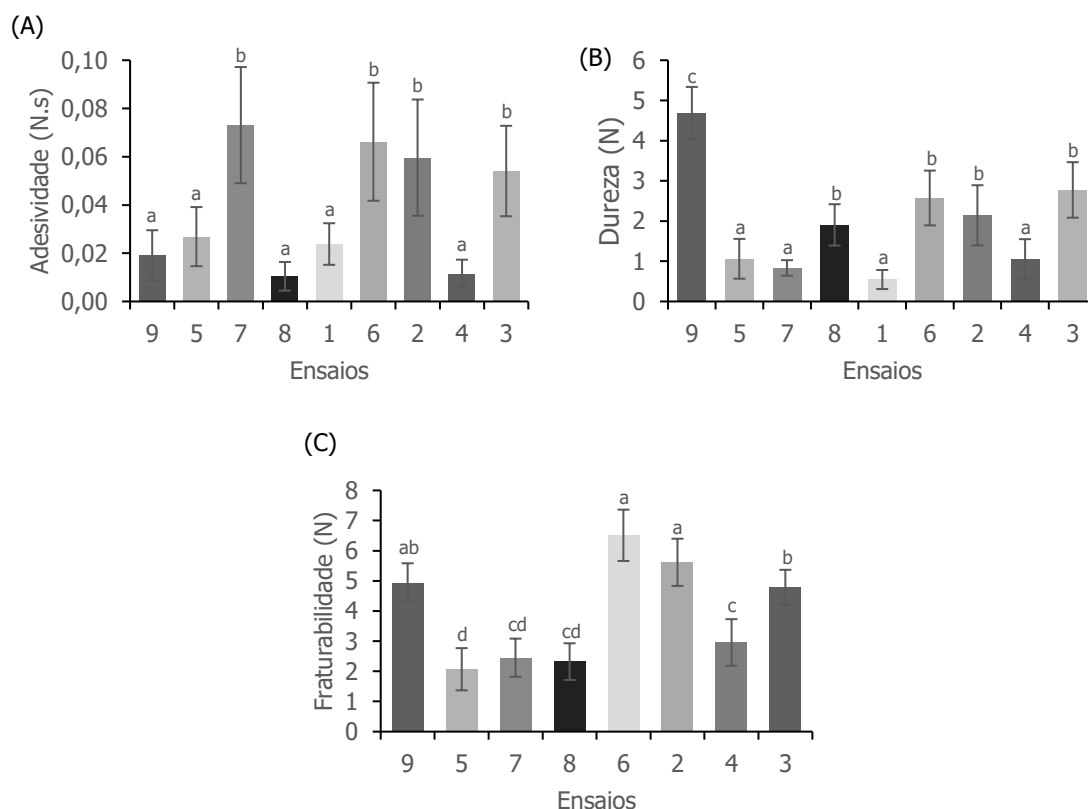


Figura 17 - Variação da adesividade (A), dureza (B) e fraturabilidade (C), das barras de cereais, para os diferentes ensaios.

Valores médios \pm desvio padrão para $n=15$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Verifica-se que com o aumento da temperatura, aumenta a dureza da barra (Figura 17 (B)) ($p<0,05$). De facto, os ensaios realizados com temperatura de 70 °C apresentam valores de dureza maiores em comparação com os restantes ensaios ($p<0,05$). O mesmo comportamento é observado com os resultados da fraturabilidade (Figura 17 (C)). Com a temperatura de 20 °C as barras apresentam valores de dureza e fraturabilidade menores do que nas restantes temperaturas, independentemente do tipo de hidrocolóide utilizado ($p<0,05$).

Relativamente à adesividade (Figura 17 (C)), verifica-se que nos ensaios com menor concentração de pectina, 0,05%, as barras apresentam maior adesividade, independentemente da temperatura utilizada. Estes resultados parecem indicar que a pectina forma uma película que diminui a adesividade da barra. Este resultado é contraditório ao observado por Peinado *et al.* (2015), onde uma elevada concentração de pectina origina valores superiores de adesividade, em morangos.

4.2.7 Análise Sensorial

Os resultados da análise sensorial, das barras de cereais, para os diferentes ensaios, encontram-se na Figura 18.

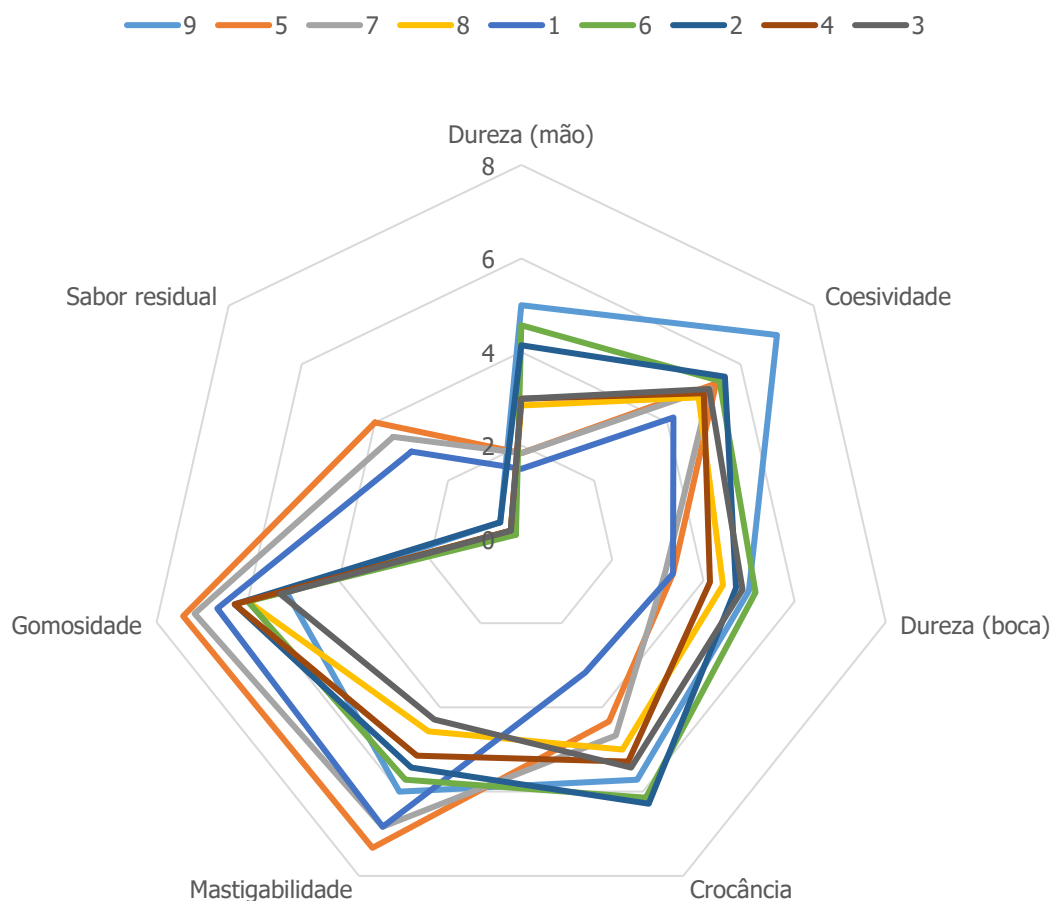


Figura 18 - Variação da análise sensorial, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=6$.

Os atributos dureza na mão, dureza na boca e crocância apresentam um aumento com o aumento da temperatura de secagem, de 20 °C para 70 °C ($p<0,05$), o mesmo não acontece com os atributos coesividade, mastigabilidade e gomosidade, os quais não apresentam uma variação linear com a temperatura. Estes resultados confirmam os obtidos para a dureza instrumental, no subcapítulo 4.2.6. O atributo coesividade apresenta diferenças significativas apenas entre os ensaios 1 e 9, verificando-se que a barra do ensaio 1 apresenta coesividade superior à do ensaio 9 ($p<0,05$). O facto da formulação do ensaio 1 não conter hidrocolóide poderá ser uma explicação para esta diferença. Relativamente à mastigabilidade, os ensaios 5, 7 e 1 apresentam os maiores valores de mastigabilidade. Os

referidos ensaios representam os extremos, isto é, formulações 5 e 7 com os três hidrocolóides e formulação 1 sem hidrocolóide. Sem a adição de hidrocolóide a barra torna-se maçuda e difícil de mastigar, o mesmo acontece quando se juntam os três hidrocolóides. Através dos resultados obtidos também se verifica que, nas formulações com goma de alfarroba e CMC, quanto maior a percentagem de hidrocolóide (de 0,05% para 0,1%), maior o valor de mastigabilidade (mais difícil de mastigar). Nos ensaios com goma de alfarroba e pectina, verifica-se que a mastigabilidade varia de acordo com a percentagem de cada goma, ou seja, a mastigabilidade é maior quando existe 0,05% de alfarroba e 0,1% de pectina (ensaio 9) do que quando existe 0,1% de alfarroba e 0,05% de pectina (ensaio 3). Quanto à gomosidade, o painel considera que é maior nos ensaios 5, 7 e 1, tal como acontece com a mastigabilidade, sendo os ensaios com menor gomosidade os que são compostos pela junção de alfarroba e pectina (3 e 9). Relativamente ao sabor residual o painel não detetou diferenças entre os diferentes ensaios realizados ($p>0,05$).

O painel considera que a temperatura de secagem de 20 °C não favorece as características sensoriais da barra e que é necessário introduzir na formulação um hidrocolóide para diminuir os valores de gomosidade e de mastigabilidade, aumentando a dureza e a crocância.

4.2.8 Microscopia de varrimento eletrónico (MVE)

As barras de cereais produzidas nos diferentes ensaios foram sujeitas a uma análise de microscopia de varrimento eletrónico.

Os resultados da análise à estrutura interna das barras de cereais, para os diferentes ensaios, encontram-se na Figura 19.

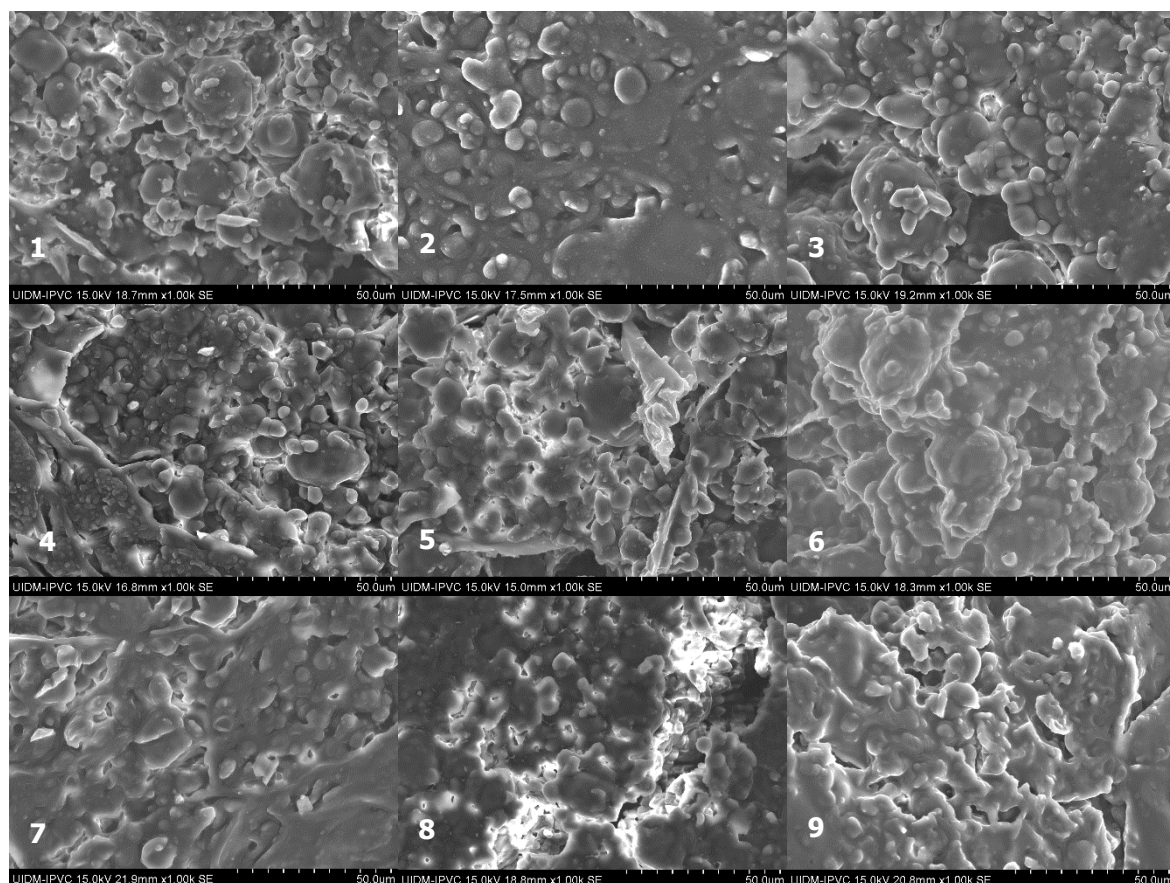


Figura 19 – Variação da estrutura interna, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Ampliação x1000, escala de 50 μ m, imagem retirada de um corte transversal das barras de cereais. Os números indicados nas imagens correspondem aos respetivos ensaios do planeamento experimental.

A partir da análise desta figura é possível observar a variação da estrutura interna das diferentes barras de cereais, relativamente à ligação dos seus constituintes e averiguar se os hidrocolóides e a temperatura promovem diferenças nesta microestrutura.

Verifica-se que os ensaios 2, 6 e 9 (ensaios com 70 °C de estufa) apresentam uma estrutura mais uniforme, onde se pode observar uma superfície criada pelos hidrocolóides que funciona como rede entre os constituintes da barra de cereais. Já nos ensaios com temperaturas inferiores as suas estruturas apresentam espaços maiores entre os constituintes e uma superfície mais irregular e rugosa. De facto, com o aumento da temperatura a viscosidade dos hidrocolóides diminui, o que promove o seu espalhamento pela matriz de constituintes. Segundo Fang *et al.* (2012), baixas temperaturas de secagem (77 °C) originam superfícies uniformes, enquanto temperaturas superiores (178 °C) resultam em superfícies rugosas, em proteína do leite em pó.

Na Figura 19 (1), é possível observar as diversas partículas constituintes das matérias-primas utilizadas, amido, proteína e cristais, e que se apresentam de uma forma isolada,

no entanto quando se adicionam os hidrocolóides, restantes ensaios (Figura 19 (2) a (9)), estas partículas passam a estar inseridas numa espécie de rede promovida pela viscosidade dos hidrocolóides utilizados. Entre as diversas formulações não se observam diferenças acentuadas nas imagens obtidas.

4.2.9 Método de Taguchi

Realizadas as análises aos parâmetros em estudo, de acordo com o planeamento experimental anteriormente referido, procede-se ao estudo dos resultados através da aplicação do método de *Taguchi* com o objetivo de otimizar a formulação em função do parâmetro dureza, uma vez que, segundo os resultados obtidos e analisados nos capítulos anteriores, apresentava significado estatístico e considerou-se como sendo a característica mais importante para a empresa.

A Figura 20 mostra o efeito de cada fator (alfarroba, pectina, CMC e temperatura) em três níveis diferentes na dureza da barra de cereais. O valor máximo apresentado em cada gráfico identifica o nível ótimo de cada fator para a dureza ideal.

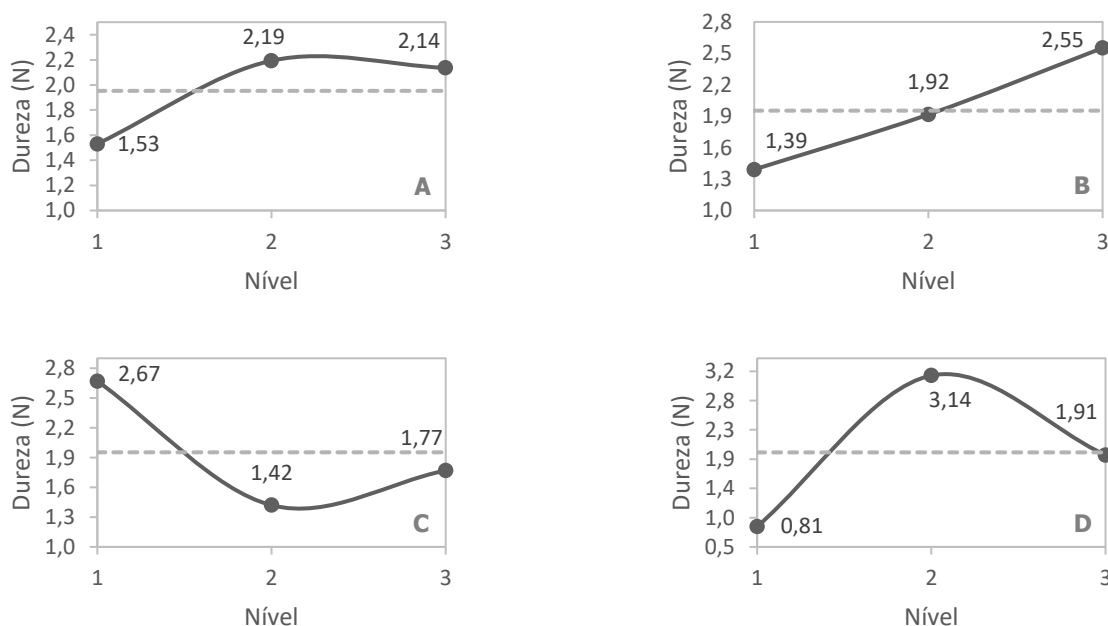


Figura 20 - Efeitos individuais da concentração de goma de alfarroba (A), de pectina (B), de CMC (C) e da temperatura (D) na dureza da barra de cereais, em diferentes níveis.

De acordo com o observado na Figura 20, verifica-se que o fator com maior influência na dureza da barra de cereais é a temperatura (valor mais elevado). Pelo contrário, a concentração de alfarroba e de pectina são os fatores que menos influenciam a dureza da

barra. Estes resultados confirmam o que foi anteriormente verificado na análise da textura (secção 4.2.6).

A contribuição individual de cada fator é representada por P (%), e este representa a influência relativa que cada fator tem no processo, sendo que, quanto maior a sua percentagem mais influência terá o fator. A Tabela 18 fornece informações sobre a importância relativa de cada fator e permite identificar os fatores mais significativos para a dureza da barra de cereais. Mais uma vez se verifica através do parâmetro P que a temperatura tem um valor positivo bastante acentuado com uma importância relativa de 60% para a dureza (resultados de acordo com os anteriormente mostrados). Verifica-se ainda que as concentrações de CMC e de pectina têm uma importância relativa semelhante entre si (18% e 15%, respetivamente) e pequena quando comparadas com a importância da temperatura. Com menor contribuição está a concentração de alfarroba, com uma importância relativa de apenas 6%.

Tabela 18 - Análise de variância (ANOVA) do arranjo ortogonal L9 do método de Taguchi na dureza das barras de cereais.

Fator	SS	Variância	F	P (%)
Alfarroba	1,62	0,81	72795,9	6,03
Pectina	4,04	2,02	181897,5	15,06
CMC	4,99	2,49	224325,1	18,57
Temperatura	16,19	8,09	728789,5	60,34
Erro	-0,001	-0,001		0,004

Para além da análise individual de cada fator é também importante avaliar a interação entre os fatores (Tabela 19). O parâmetro índice de severidade (SI) permite perceber a interação entre dois fatores. De salientar, que os fatores com maior índice de severidade não são necessariamente os fatores com mais significância (efeito individual). Isto pode ser observado no caso da goma de alfarroba, que tem pouca influência na dureza da barra, mas apresenta um índice de severidade com o CMC, bastante elevado, sobrepondo-se ao SI de dois fatores que influenciam em grande forma a dureza da barra, o CMC e a temperatura.

Tabela 19 - Interações estimadas dos fatores estudados com base no índice de severidade, SI (%).

Interações entre pares de fatores	SI (%)
Alfarroba x CMC	63,1
CMC x Temperatura	36,9
Alfarroba x Temperatura	27,3

Com o método de *Taguchi* é possível estabelecer as condições ótimas para maximizar um parâmetro que seja importante no resultado final das características do produto em estudo. Os resultados obtidos na Tabela 20 permitem identificar quais os níveis ótimos de cada fator e qual a contribuição dos mesmos para a dureza da barra de cereais.

Verifica-se que o fator com maior influência na dureza da barra de cereais é a temperatura, seguindo-se o CMC, a pectina e por fim com um valor muito baixo, a goma de alfarroba. O valor previsto de dureza ótima nestas condições foi de 4,7 N. No entanto, atendendo à forte interação entre a alfarroba e o CMC, este efeito não pode ser negligenciado, devendo manter-se a alfarroba na formulação.

Tabela 20 - Condições ótimas previstas pelo método de *Taguchi* para maximizar a dureza da barra de cereais.

Fator	Descrição do Nível	Nível	Contribuição
Alfarroba	0,05	2	0,24
Pectina	0,1	3	0,598
CMC	0	1	0,716
Temperatura	70	2	1,181

5 Conclusão

Com o trabalho realizado foi possível concluir que:

- Relativamente à parte I, a atividade da água e o teor de humidade apresentam uma diminuição ao longo do tempo de secagem, sendo que, com o aumento da temperatura da estufa, este decréscimo é mais acentuado.
- Influenciado pela variação destes fatores, a textura da barra de cereais, nomeadamente a dureza, aumentou ao longo do tempo de secagem, tendo este aumento sido mais pronunciado com o aumento da temperatura da estufa.
- Sensorialmente, o painel considerou que as barras de cereais sofreram um aumento de dureza e crocância com o aumento do tempo de secagem, tendo reportado o contrário para a adesividade e gomosidade, indicando que estas diminuía com o aumento do tempo em estufa. As temperaturas consideradas neste estudo, influenciaram estes atributos acentuando os seus comportamentos, quanto maiores as temperaturas utilizadas.
- Na parte II, como esperado, a atividade da água e o teor de humidade diminuem com o aumento da temperatura de secagem, tal como observado na parte I do trabalho.
- A temperatura não causou qualquer tipo de alteração ao teor de cinzas, de proteína ou de hidratos de carbono.
- O teor de cinzas e de proteína não sofrem qualquer alteração ao longo do planeamento experimental, apresentando valores de 1% e 7%(p/p), respetivamente.
- Os resultados obtidos de hidratos de carbono das barras de cereais apresentam algumas diferenças estatísticas entre os ensaios com 20 °C e 70 °C, não apresentando variação entre os ensaios com 60 °C.
- A análise à textura demonstrou que barras de cereais com maior dureza e fraturabilidade estiveram em estufa a temperaturas mais elevadas. Relativamente à adesividade das mesmas, os ensaios com menor percentagem de pectina apresentaram valores superiores de adesividade.
- Sensorialmente o painel de provadores considerou que a dureza na mão, a dureza na boca e a crocância das barras de cereais aumentavam com o aumento da temperatura de secagem. Relativamente aos atributos coesividade, mastigabilidade e gomosidade, estes variam de forma diferente. A coesividade é considerada mais baixa no ensaio sem qualquer hidrocolóide adicionado comparativamente ao ensaio 9. A gomosidade e

a mastigabilidade são indicadas como superiores nos ensaios a 20 °C, nomeadamente os ensaios sem hidrocolóides adicionados ou com os três hidrocolóides juntos, de referir que relativamente à gomosidade, esta é menor em ensaios que contenham alfarroba e pectina em sinergia na sua composição. De acordo com os provadores as barras de cereais não apresentaram qualquer sabor residual.

- A partir da análise por MVE, verifica-se que as barras de cereais que estiveram em estufa à temperatura de 70 °C apresentam uma estrutura interna mais uniforme do que as barras que estiveram a menor temperatura.
- A aplicação do método de *Taguchi*, permitiu identificar que a temperatura é o fator que mais influencia a dureza das barras de cereais e que a formulação ótima para este parâmetro é de, 0,05% de alfarroba, 0,1% de pectina, 0% de CMC e uma temperatura de 70 °C durante 4 horas.
- Nutricionalmente esta barra de cereais elaborada apresenta 40%(p/p) de hidratos de carbono e 7%(p/p) de proteína.
- Desta forma pode-se concluir que o fator temperatura tem uma grande influência nas propriedades sensoriais e de textura das barras de cereais, influenciando também, o teor de humidade e atividade da água das mesmas. As outras análises realizadas apresentaram algumas diferenças de acordo com o uso dos diferentes hidrocolóides, não sendo estas diferenças muito acentuadas uma vez que a percentagem de hidrocolóides utilizada foi muito reduzida.

Sugestão de trabalho futuro:

- Repetir o estudo com as condições ótimas obtidas através no método de *Taguchi*;
- Realizar um estudo de consumidor de forma a selecionar a barra ideal;
- Modificar as percentagens e os tipos de edulcorantes utilizados de forma a estudar como estes influenciam a estrutura da barra de cereais;
- Estudar o efeito de outros hidrocolóides e de concentrações maiores nas propriedades das barras de cereais;
- Utilizar novos cereais e novas sementes de forma a obter uma barra de cereais mais nutritiva e saborosa.

6 Bibliografia

- AEP. (2009). Sector Alimentar. Gabinete de Estudos: AEP - Câmara de Comércio e Indústria.
- Aliani, M., Ryland, D., & Pierce, G. N. (2011). Effect of flax addition on the flavor profile of muffins and snack bars. *Food Research International*, 44(8), 2489-2496.
- Amagliani, L., O'Regan, J., Kelly, A. L., & O'Mahony, J. A. (2016). Chemistry, structure, functionality and applications of rice starch. *Journal of Cereal Science*, 70, 291-300.
- Ander, B. P., Weber, A. R., Rampersad, P. P., Gilchrist, J. S. C., Pierce, G. N., & Lukas, A. (2004). Dietary flaxseed protects against ventricular fibrillation induced by ischemia-reperfusion in normal and hypercholesterolemic rabbits. *Journal of Nutrition*, 134(12), 3250-3256.
- AOAC. (1995a). AOAC Official Method 935.39 in Baked Products - B Ash. AOAC International.
- AOAC. (1995b). AOAC Official Method 935.39 in Baked Products - C Protein. AOAC International.
- AOAC. (1995c). AOAC Official Methods 925.10 Solids (Total) and Moisture in Flour. AOAC International.
- APC. (2016). Associação Portuguesa de Celíacos - Definição de Doença Celíaca. Retrieved from www.celiacos.org.pt/doenca-celiaca/definicao.html

- Aramouni, F. M., & Abu-Ghoush, M. H. (2011). Physicochemical and sensory characteristics of no-bake wheat-soy snack bars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 44-51.
- Barak, S., & Mudgil, D. (2014). Locust bean gum: Processing, properties and food applications-A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 66, 74-80.
- Blibech, M., Maktouf, S., Chaari, F., Zouari, S., Neifar, M., Besbes, S., *et al.* (2015). Functionality of galactomannan extracted from Tunisian carob seed in bread dough. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52(1), 423-429.
- Bower, J. A., & Whitten, R. (2000). Sensory characteristics and consumer liking for cereal bar snack foods. *Journal of Sensory Studies*, 15(3), 327-345.
- Campos, M. B. (2013). Edulcorantes e seu papel na saúde pública. *Food Ingredients Brasil*, 24.
- Cecchi, H. M. (2003). *Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos* (2^a ed.): Editora da UNICAMP.
- Covino, R., Monteiro, A. R. G., Scapim, M. R. S., Marques, D. R., Benossi, L., & Monteiro, C. C. F. (2015). Manufacturing cereal bars with high nutritional value through experimental design. *Acta Scientiarum-Technology*, 37(1), 149-154.
- De Aguiar, A. C., Boroski, M., Monteiro, A. R. G., De souza, N. E. & Visentainer, J. V. (2011). Enrichment of whole wheat flaxseed bread with flaxseed oil 35, 605-609. Retrieved from

- Dupasquier, C. M. C., Dibrov, E., Kneesh, A. L., Cheung, P. K. M., Lee, K. G. Y., Alexander, H. K., *et al.* (2007). Dietary flaxseed inhibits atherosclerosis in the LDL receptor-deficient mouse in part through antiproliferative and anti-inflammatory actions. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 293(4), H2394-H2402.
- Dupasquier, C. M. C., Weber, A. M., Ander, B. P., Rampersad, P. P., Steigerwald, S., Wigle, J. T., *et al.* (2006). Effects of dietary flaxseed on vascular contractile function and atherosclerosis during prolonged hypercholesterolemia in rabbits. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 291(6), H2987-H2996.
- Dutcosky, S. D., Grossmann, M. V. E., Silva, R., & Welsch, A. K. (2006). Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. *Food Chemistry*, 98(4), 630-638.
- Estevez, A. M., Escobar, B., Vasquez, M., Castillo, E., Araya, E., & Zacarias, I. (1995). Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability. *Plant Foods for Human Nutrition*, 47(4), 309-317.
- European Food Safety Authority, E. (2011). *The food classification and description system FoodEx 2 (draft-version 1)*. Retrieved from EFSA:
- Faltermaier, A., Zarnkow, M., Becker, T., Gastl, M., & Arendt, E. K. (2015). Common wheat (*Triticum aestivum* L.): evaluating microstructural changes during the malting process by using confocal laser scanning microscopy and scanning electron microscopy. *European Food Research and Technology*, 241(2), 239-252. doi:10.1007/s00217-015-2450-x

- Fang, Y., Rogers, S., Selomulya, C., & Chen, X. D. (2012). Functionality of milk protein concentrate: Effect of spray drying temperature. *Biochemical Engineering Journal*, 62, 101-105.
- Fani, M. (2014). Adoçantes quais os tipos disponíveis? *Aditivos & Ingredientes*.
- Freitas, D. G. C., & Moretti, R. H. (2006). Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. [Characterization and sensorial evaluation of functional cereal bar]. *Food Science and Technology (Campinas)*, 26(2), 318-324.
- Gabas, A. L., Telis, V. R. N., Sobral, P. J. A., & Telis-Romero, J. (2007). Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*, 82(2), 246-252.
- Garcia, M. C., Lobato, L. P., Benassi, M. D., & Soares, M. S. (2012). Application of roasted rice bran in cereal bars. *Ciencia E Tecnologia De Alimentos*, 32(4), 718-724.
- Gates, F. K., Dobraszczyk, B. J., Stoddard, F. L., Sontag-Strohm, T., & Salovaara, H. (2008a). Interaction of heat-moisture conditions and physical properties in oat processing: I. Mechanical properties of steamed oat groats. *Journal of Cereal Science*, 47(2), 239-244.
- Gates, F. K., Sontag-Strohm, T., Stoddard, F. L., Dobraszczyk, B. J., & Salovaara, H. (2008b). Interaction of heat-moisture conditions and physical properties in oat processing: II. Flake quality. *Journal of Cereal Science*, 48(2), 288-293.
- Geuns, J. M. C. (2003). Molecules of Interest Stevioside (Vol. 64, pp. 913-921). *Phytochemistry*: Pergamon.

- Gomes, & Montenegro. (2006). Curso de tecnologia de barras de cereais: IAL, Campinas.
- Gomes, G. V. L., Dalla Santa, O., & Rosa, M. R. (2007). *Barra de cereal com mel sem aditivos*. Retrieved from Unicentro:
- Grupo Marktest, T. (2016). 2,3 milhões consomem barras de cereais. Retrieved from <http://www.marktest.com/wap/a/n/id~2065.aspx>
- Guimarães, M. M., & Silva, M. S. (2009). Qualidade nutricional e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de frutos de murici-passa. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 68(3), 426-433.
- Gutkoski, L. C., Bonamigo, J. M. A., Teixeira, D. M. F., & Pedó, I. (2007). Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. [Development of oat based cereal bars with high dietary fiber content]. *Food Science and Technology (Campinas)*, 27(2), 355-363.
- Gutkoski, L. C., Teixeira, D. M. D., Durigon, A., Ganzer, A. G., Bertolin, T. E., & Colla, L. M. (2009). Influence of oat and fat levels in technological and functional characteristics of cakes. *Ciencia E Tecnologia De Alimentos*, 29(2), 254-261.
- Hayati, I. N., Ching, C. W., & Rozaini, M. Z. H. (2016). Flow properties of o/w emulsions as affected by xanthan gum, guar gum and carboxymethyl cellulose interactions studied by a mixture regression modelling. *Food Hydrocolloids*, 53, 199-208.
- Imeson, A. (1997). *Thickening and Gelling Agents for Food* (Second ed.): Blackie Academic & Professional.

INSA. (2016). Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge. PortFIR.

James, C. S. (1995). 4.5 Carbohydrates. In C. Hall (Ed.), *Analytical Chemistry of Foods*.

JECFA, F. (2009). Pectins. Retrieved from <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/monograph7/additive-306-m7.pdf>

Junior, S. R., Patrocínio, I. M., Peña, W. E. L., Junqueira, M. S. & Teixeira, L. J. Q. (2011). Desenvolvimento de barra de cereal salgada enriquecida com farinha de albedo de maracujá. Vol. 7, nº12. Retrieved from www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/saude/desenvolvimento%20de%20barra.pdf

Kent, N. L., & Evers, A. D. (1994). *Technology of Cereals: an introduction for students of food science and agriculture* (4th ed.): Pergamon.

Kim, E. H. J., Corrigan, V. K., Hedderley, D. I., Motoi, L., Wilson, A. J., & Morgenstern, M. P. (2009). Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 40(4), 457-481.

Klinkesorn, U., Sophanodora, P., Chinachoti, P., & McClements, D. J. (2004). Stability and rheology of corn oil-in-water emulsions containing maltodextrin. *Food Research International*, 37(9), 851-859.

Kulthe, A. A., Pawar, V. D., Kotecha, P. M., Chavan, U. D., & Bansode, V. V. (2014). Development of high protein and low calorie cookies. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 51(1), 153-157.

- Li, J. M., & Nie, S. P. (2016). The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. *Food Hydrocolloids*, 53, 46-61.
- Lomer, M. C. E. (2015). Review article: the aetiology, diagnosis, mechanisms and clinical evidence for food intolerance. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 41(3), 262-275.
- Lomer, M. C. E., Parkes, G. C., & Sanderson, J. D. (2008). Review article: lactose intolerance in clinical practice - myths and realities. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 27(2), 93-103.
- Majewski, M., Kozłowska, A., Thoene, M., & Lebiecinska, A. (2016). Variations of Niacin content with regard to carbohydrates in energy-rich diets of elite european athletes and their relation with dietary RDA. *Journal of Elementology*, 21(3), 745-755.
- Marchal, L. M., Beeftink, H. H., & Tramper, J. (1999). Towards a rational design of commercial maltodextrins. *Trends in Food Science & Technology*, 10(11), 345-355.
- Mendes, N. D. R., Gomes-Ruffi, C. R., Lage, M. E., Becker, F. S., de Melo, A. A. M., da Silva, F. A., *et al.* (2013). Oxidative stability of cereal bars made with fruit peels and baru nuts packaged in different types of packaging. *Food Science and Technology*, 33(4), 730-736.
- Menrad, K. (2003). Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3), 181-188.
- Mollet, B., & Rowland, I. (2002). Functional foods: at the frontier between food and pharma. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(5), 483-485.

Monteiro, A. (2005). Técnicas de caracterização de revestimentos. In U. d. M. UM (Ed.), (pp. 26-56).

Nabors, L. O. (2011). *Alternative Sweeteners* (3th ed.): Marcel Dekker, Inc.

Namiki, M. (2007). Nutraceutical Functions of Sesame: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(7), 651-673.

Navarro, A. C., Navarro, F., & Melo, D. L. R. (2010). Elaboração de barra de cereais salgada para praticantes de atividade física. *RBNA - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*, 4, nº19.

O'Shea, N., Arendt, E., & Gallagher, E. (2014). State of the Art in Gluten-Free Research. *Journal of Food Science*, 79(6), R1067-R1076.

O'Donnell, K. K., Malcolm W. (2012). *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology* (Second ed.): John Wiley & Sons, Ltd.

Pagamunici, L. M., Souza, A. H. P., Gohara, A. K., Souza, N. E., Gomes, S. T. M., & Matsushita, M. (2014). Development, characterization and chemometric analysis of a gluten-free food bar containing whole flour from a new cultivar of amaranth. *Ciencia E Agrotecnologia*, 38(3), 270-277.

Paiva, A. P. (2008). *Estudos tecnológico, químico, físico-químico e sensorial de barras alimentícias elaboradas com subprodutos e resíduos agroindustriais*. (Mestrado), UFL.

Paiva, V. L. G. (2006). Processo de produção de cereais matinais, barra de cereais e pão integral.

- Palazzolo, G. (2003). Cereal bars: They're not just for breakfast anymore. *Cereal Foods World*, 48(2), 70-72.
- Pallavi, B. V., Chetana, R., Ravi, R., & Reddy, S. Y. (2015). Moisture sorption curves of fruit and nut cereal bar prepared with sugar and sugar substitutes. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 52(3), 1663-1669.
- Patenaude, A., Rodriguez-Leyva, D., Edel, A. L., Dibrov, E., Dupasquier, C. M. C., Austria, J. A., *et al.* (2009). Bioavailability of alpha-linolenic acid from flaxseed diets as a function of the age of the subject. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63(9), 1123-1129.
- Peinado, I., Rosa, E., Heredia, A., & Andres, A. (2015). Use of isomaltulose to formulate healthy spreadable strawberry products. Application of response surface methodology. *Food Bioscience*, 9, 47-59. doi:10.1016/j.fbio.2014.08.002
- Peuckert, Y. P., Viera, V. B., Hecktheuer, L. H. R., Marques, C. T., & Rosa, C. S. (2010). Caracterização e aceitabilidade de barras de cereais adicionadas de proteína texturizada de soja e camu-camu (Vol. 21(1), pp. 147-152). *Alim. Nutr. Araraquara*.
- Piovesana, A. (2011). *Elaboração e aceitabilidade de barras de cereais com bagaço de uva*. (Tecnólogo em Alimentos), IF de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul.
- Piovesana, A., Bueno, M. M., & Klajn, V. M. (2013). Elaboração e aceitabilidade de biscoitos enriquecidos com aveia e farinha de bagaço de uva (Vol. 16(1), pp. 68-72). *Braz. J. Food Technol.* Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL.

- Ramarathnam, N., Osawa, T., Ochi, H., & Kawakishi, S. (1995). The contribution of plant food antioxidants to human health. *Trends in Food Science & Technology*, 6(3), 75-82.
- Regulamento (CE) N.º 41/2009 da Comissão de 20 de Janeiro de 2009 relativo à composição e rotulagem dos géneros alimentícios adequados a pessoas com intolerância ao glúten., (2009).
- Regulamento (CE) N° 1333/2008 do Parlamento Europeu do Conselho de 16 de Dezembro de 2008 relativo aos aditivos alimentares, (2008).
- Rolin, C., & Vries, J. D. (1990). Pectin. In P. Harris (Ed.), *Food Gels* (1 ed., pp. 403-434): Elsevier Science Publishers Ltd.
- Sampaio, C. R. P. (2009a). *Desenvolvimento e estudo das características sensoriais e nutricionais de barras de cereais fortificadas com ferro*. (Mestrado), UFP.
- Sampaio, C. R. P. (2009b). Perfil sensorial e aceitabilidade de barras de cereais fortificadas com ferro. In F. Sila Mary Rodrigues & C.-B. Solange Guidolin (Eds.).
- Santos, J. F. (2010). *Avaliação das propriedades nutricionais de barras de cereais elaboradas com farinha de banana verde*. (Mestrado), Universidade de São Paulo - Faculdade de Ciências Farmacêuticas.
- Schiffman, S. S., Booth, B. J., Carr, B. T., Losee, M. L., Sattelymiller, E. A., & Graham, B. G. (1995). Investigation of synergism in binary-mixtures of sweeteners. *Brain Research Bulletin*, 38(2), 105-120.

- Scott, W. J. (1957). Water Relations of Food Spoilage Microorganisms *Advances in Food Research*: Elsevier.
- Seaman, C. E. A., Bower, J. A., & March, A. (1997). Sensory characteristics of sugar-free and sugar-based boiled sweets. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 48(5), 329-337.
- Shewry, P. R. (2007). Improving the protein content and composition of cereal grain. *Journal of Cereal Science*, 46(3), 239-250.
- Singh, K. K., Mridula, D., Rehal, J., & Barnwal, P. (2011). Flaxseed: A Potencial Source of Food, Feed and Fiber. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(3), 210-222.
- Sittikijyothin, W., Torres, D., & Goncalves, M. P. (2005). Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. *Carbohydrate Polymers*, 59(3), 339-350.
- Slavin, J. (2004). Whole grains and human health. *Nutrition Research Reviews*, 17(1), 99-110.
- Smith, A. P., & Wilds, A. (2009). Effects of cereal bars for breakfast and mid-morning snacks on mood and memory. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 60, 63-69.
- Suja, K. P., Jayalekshmy, A., & Arumughan, C. (2004). Free radical scavenging behavior of antioxidant compounds of sesame (*Sesamum indicum* L.) in DPPH center dot system. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(4), 912-915.

- TGI, G. M. (2016). 2,3 milhões consomem barras de cereais. Retrieved from <http://www.marktest.com/wap/a/n/id~2065.aspx>
- Thakur, B. R., Singh, R. K., & Handa, A. K. (1997). Chemistry and uses of pectin - A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 37(1), 47-73.
- USDA. (2016). United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service.
- Villavicencio, A., Araujo, M. M., Fanaro, G. B., Rela, P. R., & Mancini-Filho, J. (2007). Sensorial analysis evaluation in cereal bars preserved by ionizing radiation processing. *Radiation Physics and Chemistry*, 76(11-12), 1875-1877.
- Walter, M., Marchezan, E., & de Avila, L. A. (2008). Rice: composition and nutritional characteristics. *Ciencia Rural*, 38(4), 1184-1192.
- Wankenne, M. A. (2015). Gomas. *Food Ingredients Brasil*, 32.
- Willats, W. G. T., Knox, P., & Mikkelsen, J. D. (2006). Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science & Technology*, 17(3), 97-104.
- Wisselink, H. W., Weusthuis, R. A., Eggink, G., Hugenholtz, J., & Grobбен, G. J. (2002). Mannitol production by lactic acid bacteria: a review. *International Dairy Journal*, 12(2-3), 151-161.
- Zemser, R. (2015). Food Science: Maltodextrin is it good or bad? Retrieved from <http://ediblesmagazine.com/edibles/food-science-maltodextrin-is-it-good-or-bad/>

Zoulías, E., Oreopoulou, V., & Kounalaki, E. (2002). Effect of fat and sugar replacement on cookie properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(14), 1637-1644.

7 Apêndices

7.1 Apêndice I – Folhas de prova

7.1.1 Folha de prova utilizada na avaliação da análise sensorial na parte I

Nome: _____ Data: ____/____/____

Sr(a) provador(a), tem na sua presença 4 amostras diferentes de barras de cereais, é-lhe pedido que as avalie segundo os seguintes atributos (indique na reta os códigos das amostras).

Dureza

Muito mole Muito duro

Adesividade

Nada adesivo Muito adesivo

Gomosidade

Nada gomoso Muito gomoso

Crocância

Nada crocante Muito crocante

Obrigado pela sua participação!

7.1.2 Folha de prova utilizada na avaliação da análise sensorial na parte II

Nome: _____ Data: ____/____/____ Código: _____

Sr(a) provador(a), tem na sua presença uma amostra de uma barra de cereais, é-lhe pedido que a avalie segundo os atributos seguidamente apresentados.

Textura na mão

Dureza (estaladiço)	Mole	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito duro
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Coesividade (cereais ligados)	Desintegra (esfarela)	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Coeso (não desfaz)
1	2	3	4	5	6	7	8	9				

Textura na boca

Dureza	Mole	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Duro
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Crocância	Nada crocante	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito crocante
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Mastigabilidade (nº de voltas)	Fácil (3 a 4)	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Difícil
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Gomosidade	Nada gomoso	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito gomoso
1	2	3	4	5	6	7	8	9				

Sabor

Sabor residual	Sim <input type="checkbox"/>	Não <input type="checkbox"/>										
	Pouco	<table border="1"><tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr></table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito
1	2	3	4	5	6	7	8	9				

Obrigado pela sua participação!

7.2 Apêndice II – Representação gráfica de resultados obtidos na parte

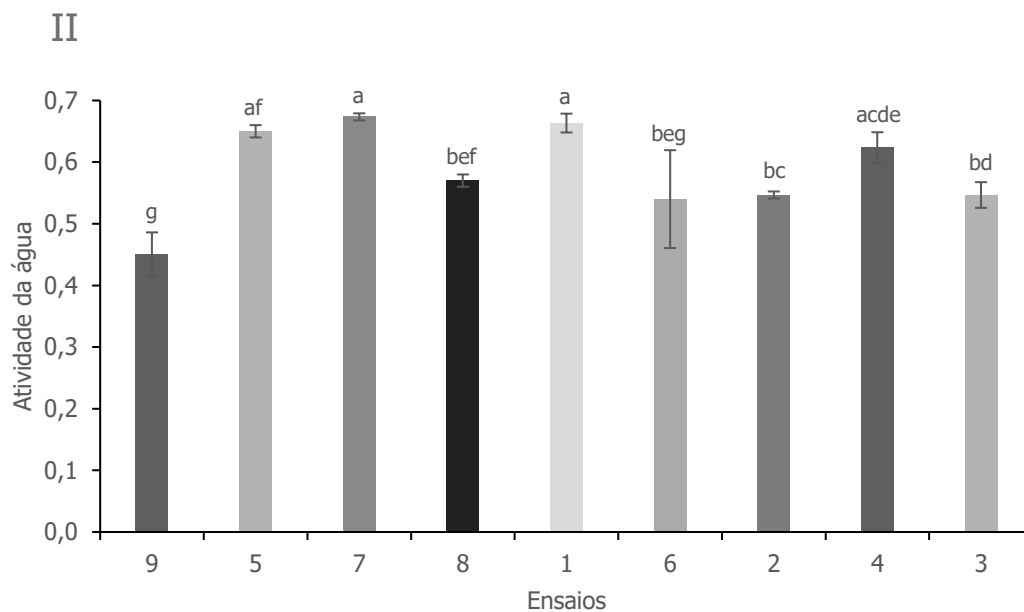


Figura 21 - Variação da atividade da água, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

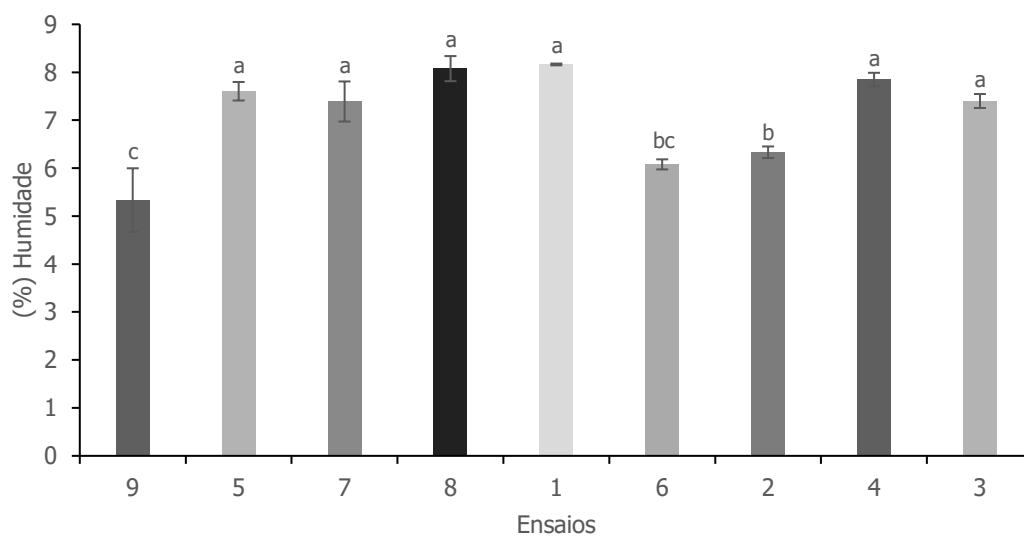


Figura 22 - Variação do teor de humidade, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

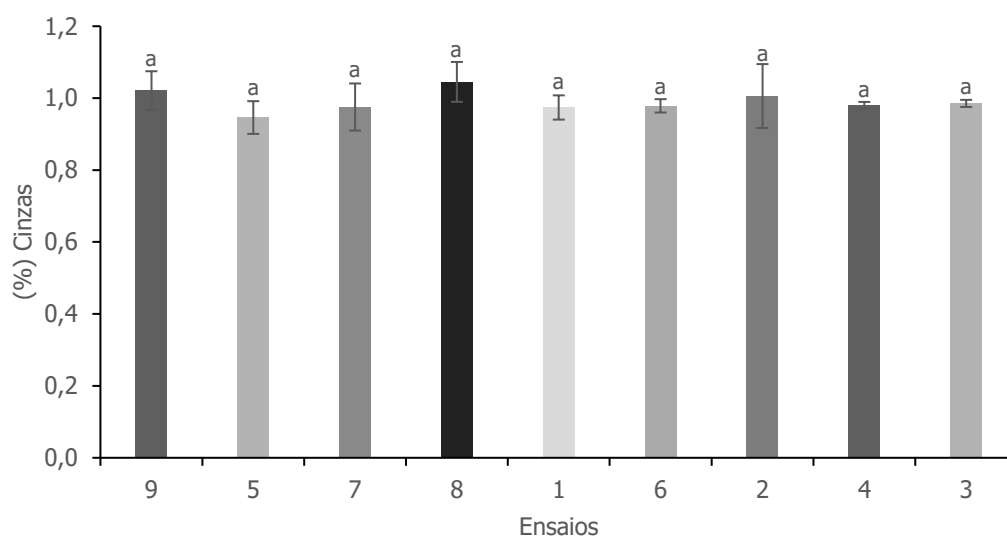


Figura 23 - Variação do teor de cinzas, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

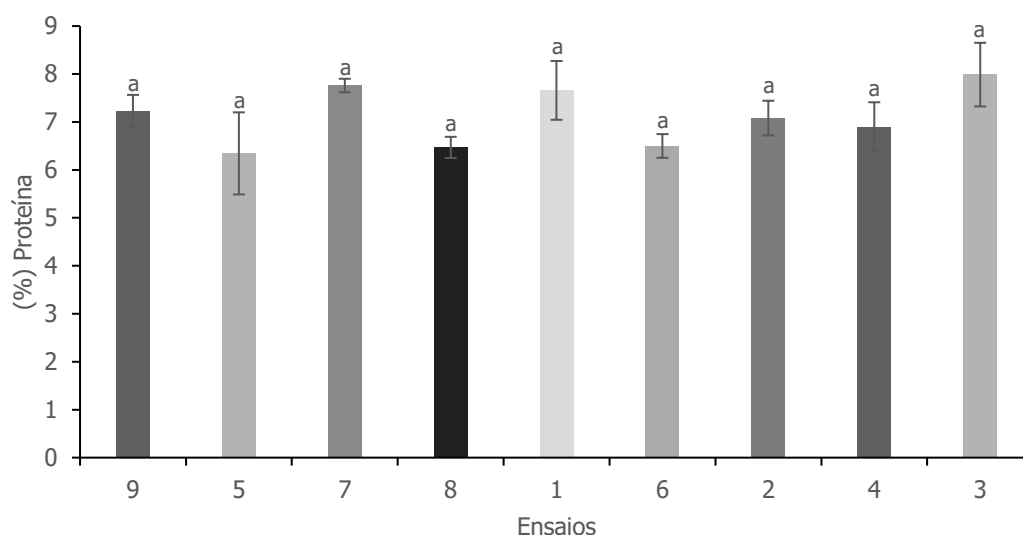


Figura 24 - Variação do teor de proteína, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=3$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

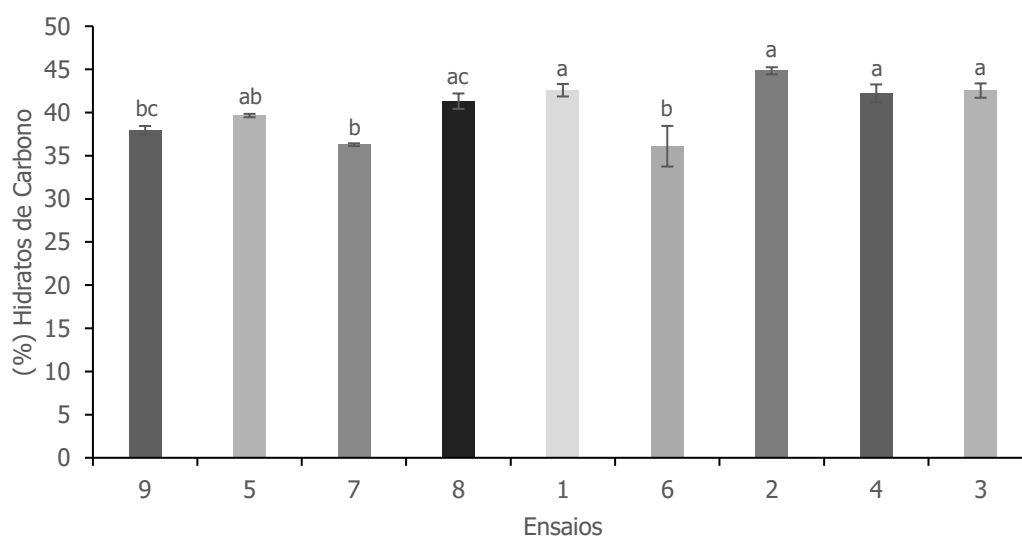


Figura 25 - Variação do teor de hidratos de carbono, das barras de cereais, nos diferentes ensaios. Valores médios \pm desvio padrão para $n=2$. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

7.3 Apêndice III – Análise estatística dos resultados da parte I e II

Tabela 21 – Resultados obtidos de a_w , teor de humidade e dureza, medida instrumentalmente, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C), da parte I. Valores médios \pm desvio padrão. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Temperatura (°C)	Tempo (horas)	a_w	(%(p/p)) Humidade	Dureza (N)
50	0	0,91 ^a \pm 0,02	22,88 ^a \pm 1,87	-
50	2	0,086 ^{a,b} \pm 0,02	18,18 ^b \pm 1,93	-
50	4	0,85 ^{b,c} \pm 0,01	19,88 ^{a,b} \pm 0,82	2,88 ^a \pm 1,02
50	6	0,82 ^{b,d} \pm 0,03	17,98 ^{b,c} \pm 1,64	3,06 ^a \pm 0,55
50	8	0,81 ^{c,d,e} \pm 0,01	12,51 ^d \pm 0,74	7,41 ^a \pm 1,10
50	24	0,56 ^f \pm 0,02	7,66 ^e \pm 1,24	45,28 ^b \pm 12,46
60	0	0,91 ^a \pm 0,02	22,88 ^a \pm 1,87	-
60	2	0,83 ^{b,e,g} \pm 0,02	19,40 ^{a,b} \pm 0,31	-
60	4	0,81 ^{c,d,g,h} \pm 0,02	14,41 ^c \pm 0,97	5,26 ^a \pm 1,13
60	6	0,74 ⁱ \pm 0,02	11,06 ^{d,e} \pm 0,97	12,81 ^{a,c} \pm 4,07
60	8	0,37 ^j \pm 0,01	3,80 ^f \pm 1,12	33,63 ^d \pm 7,21
60	24	0,38 ^j \pm 0,01	3,45 ^f \pm 1,15	30,29 ^{b,d} \pm 13,20
70	0	0,91 ^a \pm 0,00	23,07 ^a \pm 0,76	-
70	2	0,83 ^{b,e} \pm 0,02	18,11 ^b \pm 1,59	-
70	4	0,70 ⁱ \pm 0,03	12,52 ^d \pm 0,64	16,13 ^{a,d} \pm 6,78
70	6	0,63 ^k \pm 0,01	7,20 ^{e,f} \pm 0,63	29,93 ^{b,d} \pm 5,84
70	8	0,46 ^l \pm 0,01	5,83 ^{e,f} \pm 0,44	39,82 ^{b,d} \pm 11,47
70	24	0,41 ^j \pm 0,01	5,25 ^{e,f} \pm 0,32	25,81 ^{c,d} \pm 6,04

Tabela 22 - Resultados obtidos da análise sensorial, das barras de cereais, ao longo do tempo, para diferentes temperaturas de secagem (50 °C, 60 °C e 70 °C), da parte I.

Valores médios \pm desvio padrão. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Temperatura (°C)	Tempo (horas)	Dureza	Adesividade	Gomosidade	Crocância
50	0	-	-	-	-
50	2	-	-	-	-
50	4	1,00 ^a \pm 0,60	1,72 ^a \pm 0,82	1,54 ^{a,b} \pm 2,00	0,48 ^a \pm 0,80
50	6	2,26 ^a \pm 1,07	2,06 ^{a,b} \pm 1,47	1,62 ^{a,b} \pm 1,41	1,52 ^a \pm 0,85
50	8	2,12 ^a \pm 1,03	1,88 ^{a,c} \pm 1,62	1,64 ^{a,b} \pm 0,69	1,16 ^a \pm 1,02
50	24	6,88 ^b \pm 1,17	0,48 ^a \pm 0,40	0,54 ^a \pm 0,67	6,94 ^b \pm 1,78
60	0	-	-	-	-
60	2	-	-	-	-
60	4	2,60 ^a \pm 1,41	2,58 ^{a,d} \pm 1,74	2,34 ^{a,b} \pm 2,64	1,82 ^a \pm 1,11
60	6	2,26 ^a \pm 1,35	2,40 ^{a,f} \pm 0,74	1,70 ^{a,b} \pm 1,10	2,12 ^a \pm 1,62
60	8	5,48 ^b \pm 0,93	0,96 ^a \pm 0,50	1,00 ^{a,b} \pm 0,31	6,58 ^b \pm 1,77
60	24	5,38 ^b \pm 0,83	0,90 ^a \pm 0,54	0,74 ^a \pm 0,19	7,14 ^b \pm 1,41
70	0	-	-	-	-
70	2	-	-	-	-
70	4	3,04 ^{a,c} \pm 1,05	4,18 ^{b,c,d,f} \pm 1,73	3,62 ^b \pm 1,55	1,84 ^a \pm 1,19
70	6	2,28 ^a \pm 0,83	1,14 ^a \pm 0,37	0,78 ^a \pm 0,23	3,20 ^{a,c} \pm 1,64
70	8	5,42 ^b \pm 0,82	1,78 ^a \pm 0,88	0,96 ^a \pm 0,48	5,30 ^{b,c} \pm 1,36
70	24	5,16 ^{b,c,d} \pm 0,75	1,34 ^a \pm 0,95	0,86 ^a \pm 0,26	7,32 ^b \pm 0,65

Tabela 23 - Resultados obtidos de a_w , teor de humidade, teor de cinzas, teor de hidratos de carbono e teor de proteína, das barras de cereais, nos diferentes ensaios da parte II.

Valores médios \pm desvio padrão. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Ensaio	a_w	(%(p/p)) Humidade	(%(p/p)) Cinzas	(%(p/p)) Hidratos de Carbono	(%(p/p)) Proteína
9	0,45 ^g \pm 0,04	5,34 ^c \pm 0,66	1,02 ^a \pm 0,05	37,96 ^{bc} \pm 0,49	7,24 ^a \pm 0,33
5	0,65 ^{af} \pm 0,01	7,60 ^a \pm 0,19	0,95 ^a \pm 0,05	39,65 ^{ab} \pm 0,20	6,35 ^a \pm 0,86
7	0,67 ^a \pm 0,01	7,39 ^a \pm 0,42	0,98 ^a \pm 0,07	36,3 ^b \pm 0,16	7,76 ^a \pm 0,14
8	0,57 ^{bef} \pm 0,01	8,08 ^a \pm 0,26	1,05 ^a \pm 0,06	41,32 ^{ac} \pm 0,90	6,47 ^a \pm 0,23
1	0,66 ^a \pm 0,02	8,16 ^a \pm 0,02	0,97 ^a \pm 0,03	42,59 ^a \pm 0,73	7,66 ^a \pm 0,61
6	0,54 ^{beg} \pm 0,08	6,08 ^{bc} \pm 0,11	0,98 ^a \pm 0,02	36,1 ^b \pm 2,35	6,5 ^a \pm 0,24
2	0,55 ^{bc} \pm 0,01	6,33 ^b \pm 0,12	1,01 ^a \pm 0,09	44,84 ^a \pm 0,41	7,08 ^a \pm 0,36
4	0,62 ^{acde} \pm 0,03	7,84 ^a \pm 0,14	0,98 ^a \pm 0,01	42,23 ^a \pm 1,04	6,90 ^a \pm 0,51
3	0,55 ^{bd} \pm 0,02	7,40 ^a \pm 0,15	0,99 ^a \pm 0,01	42,55 ^a \pm 0,83	7,99 ^a \pm 0,66

Tabela 24 - Resultados obtidos dos atributos de textura, fraturabilidade, dureza e adesividade, das barras de cereais, nos diferentes ensaios da parte II.

Valores médios \pm desvio padrão. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Ensaio	Fraturabilidade	Dureza	Adesividade
9	4,94 ^{ab} \pm 0,64	4,69 ^c \pm 0,65	0,02 ^a \pm 0,01
5	2,07 ^d \pm 0,70	1,06 ^a \pm 0,50	0,03 ^a \pm 0,01
7	2,45 ^{cd} \pm 0,36	0,83 ^a \pm 0,19	0,07 ^b \pm 0,02
8	2,32 ^{cd} \pm 0,61	1,90 ^b \pm 0,51	0,01 ^a \pm 0,01
1	-	0,55 ^a \pm 0,24	0,02 ^a \pm 0,01
6	6,51 ^a \pm 0,85	2,57 ^b \pm 0,68	0,07 ^b \pm 0,02
2	5,62 ^a \pm 0,78	2,24 ^b \pm 0,82	0,06 ^b \pm 0,02
4	2,96 ^c \pm 0,77	1,06 ^a \pm 0,49	0,01 ^a \pm 0,006
3	4,78 ^b \pm 0,59	2,77 ^b \pm 0,69	0,05 ^b \pm 0,02

Tabela 25 - Resultados obtidos na análise sensorial, das barras de cereais, nos diferentes ensaios da parte II.

Valores médios \pm desvio padrão. Valores com letras diferentes são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Ensaio	Dureza (mão)	Coesividade	Dureza (boca)	Crocância	Mastigabilidade	Gomosidade	Sabor Residual
9	5,00 ^c \pm 1,29	7,00 ^b \pm 1,41	5,00 ^{ab} \pm 1,00	5,71 ^b \pm 1,60	6,00 ^{acg} \pm 1,29	5,14 ^d \pm 1,57	0,57 ^a \pm 0,79
5	1,83 ^a \pm 0,75	5,33 ^{ab} \pm 0,52	3,33 ^{ab} \pm 0,52	4,33 ^{ab} \pm 1,51	7,33 ^{ae} \pm 1,03	7,42 ^b \pm 0,92	2,67 ^a \pm 2,50
7	1,83 ^a \pm 0,98	5,17 ^{ab} \pm 0,75	3,17 ^b \pm 0,75	4,67 ^{ab} \pm 1,03	6,83 ^a \pm 0,98	7,17 ^{abc} \pm 0,98	2,33 ^a \pm 2,25
8	2,86 ^{ab} \pm 0,90	4,86 ^{ab} \pm 1,46	4,43 ^{ab} \pm 1,51	5,00 ^{ab} \pm 1,00	4,57 ^{bdfg} \pm 1,51	6,00 ^{abcd} \pm 0,82	0,29 ^a \pm 0,49
1	1,50 ^a \pm 0,55	4,17 ^a \pm 0,75	3,33 ^{ab} \pm 0,52	3,17 ^a \pm 0,75	6,83 ^a \pm 1,17	6,67 ^{abcd} \pm 0,52	2,00 ^a \pm 2,28
6	4,57 ^{bc} \pm 1,40	5,43 ^{ab} \pm 1,81	5,14 ^a \pm 1,07	6,14 ^b \pm 0,38	5,71 ^{aef} \pm 0,76	6,00 ^{abcd} \pm 1,00	0,14 ^a \pm 0,38
2	4,00 ^{bc} \pm 1,29	5,57 ^{ab} \pm 1,51	4,71 ^{ab} \pm 0,95	6,29 ^b \pm 0,49	5,43 ^{ab} \pm 0,79	6,29 ^{abcd} \pm 0,95	0,57 ^a \pm 0,79
4	3,00 ^{ab} \pm 1,15	5,00 ^{ab} \pm 1,15	4,14 ^{ab} \pm 0,69	5,29 ^b \pm 0,76	5,14 ^{acd} \pm 1,46	6,29 ^{abcd} \pm 0,76	0,29 ^a \pm 0,49
3	3,00 ^{ab} \pm 1,29	5,14 ^{ab} \pm 1,77	4,86 ^{ab} \pm 1,21	5,43 ^b \pm 1,40	4,29 ^{bce} \pm 1,25	5,29 ^{ad} \pm 1,50	0,29 ^a \pm 0,49